Written according to the Syllabus of General Engineering & Drawing as prescribed by the West Bengal Education Board.

সাধারণ যন্ত্র-শিল্প ও অঙ্কন

[GENERAL ENGINEERING & DRAWING]

[দশম শ্রেণীর জন্য]

(দ্বিতীয় খণ্ড)

A compulsory subject for students of the Engineering Group

শিবপ্রসাদ গঙ্গোপাধ্যায়,
মেক্যানিক্যাল ও ইলেক্‌ট্রিক্যাল এঞ্জিনিয়ার

কে. পি. বসু পাবলিশিং কোং
৪২, কর্নওয়ালিস ষ্ট্রীট, কলিকাতা ৬

ভূমিকা

পশ্চিম বঙ্গ শিক্ষা-পর্ষৎ কর্তৃক নির্ধারিত পাঠ-তালিকা অনুযায়ী দশম শ্রেণীর উপযোগী [illegible] সাধারণ যন্ত্র-শিল্প ও অঙ্কন (General Engineering and Drawing) পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ড "জ্যামিতিক অঙ্কন" লিখিত হইল। যাহাতে সুকুমারমতি ছাত্রগণের আয়ত্ত করিতে সহজ হয়, সেই কারণে অপেক্ষাকৃত সহজবোধ্য পন্থা অবলম্বন করিয়া শিক্ষিতব্য বিষয়টির অবতারণা করা হইয়াছে।

ব্যক্তিগত ভাবে মনে হয়, প্রথমে সর্বপ্রকার অঙ্কন-বিদ্যা আয়ত্ত করার পর তবে নবম শ্রেণীতে প্রবর্তিত পাঠ্য ছাত্রদিগকে আয়ত্ত করিতে দেওয়াই বাঞ্ছনীয় ছিল; কারণ উহাতে যে সকল বিষয়ের আলোচনা রহিয়াছে, প্রক্ষেপ (Projection), খণ্ডিত-দৃশ্য (Sectional Views) প্রভৃতির জ্ঞান থাকিলে তবে সেই সকল বুঝাইতে ও বুঝিতে সহজ হয়,—আর এঞ্জিনিয়ারিং কলেজে সর্বত্র এই পদ্ধতিই অবলম্বিত হইয়া থাকে।

এই পুস্তক প্রণয়নে কৃষ্ণনগর বি. পি. সি. পলিটেক্নিক্ ইন্স্টিটিউট-এর মেক্যানিক্যাল্ এঞ্জিনিয়ারিং-এর লেক্চারার, আমার স্নেহভাজন শ্রীশৈলেশচন্দ্র রায়, B.M.E., বহু বিষয়ে সাহায্য করায় তাঁহার প্রতি আমার আন্তরিক প্রীতি জ্ঞাপন করিতেছি।

শুদ্ধিপত্র

ছাপার এই ভুলগুলি প্রথমে সংশোধন করিয়া লইতে হইবে :—

পৃষ্ঠা		অশুদ্ধ	শুদ্ধ
	তালিকা	G	G
		·93	·93
		·87	·97
৯৩	(সম্পাদ্য 2.)	···ঘুড়ির কর্ণ ও 3·525 ইঞ্চ	···ঘুড়ির কর্ণ 3·525 ইঞ্চ
„	৮ম লাইন	···অবস্থায় ঐ ঘুড়ির···	···ঐ অবস্থায় ঘুড়ির···
৯৫	১ম লাইন	$E'C$	$E'C''$
১১৩	৭ম লাইন	$\cdots d_1 0_1$	$d_1 0$
১৩৮	৮ম লাইন	···এখানে দ্রিত করা হইল,	···এখানে মুদ্রিত করা হইল

GENERAL ENGINEERING AND DRAWING

Syllabus for Class X

[*Students electing the Technical Group are required to study compulsorily General Engineering and Drawing*

Instruments and their correct uses.

Bisection of lines and angles.

Drawing of different angles by means of set squares and construction.

Division of a given line into number of equal parts.

Standard sizes of drawing boards lettering.

Type of lines.

Drawing of tangent to circles.

Exercises on touching circles in rectilineal figures.

To construct any regular polygon on a given straight line.

To inscribe polygons in circles.

Circles inscribed in regular polygons.

Correct reading of methods of drawings on ellipse.

Involute of a circle.

Parabola.

Orthographic projects, planes and projection.

Projects of points, lines, planes and simple solids like prisms, cubes, pyramids, etc.

Indication of different materials on drawings.

Sections of these solids on different planes.

Scales and their uses, dimensioning.

সূচীপত্র

সাধারণ যন্ত্র-শিল্প ও অঙ্কন

(General Engineering and Drawing)

দ্বিতীয় খণ্ড

প্রথম পরিচ্ছেদ

জ্যামিতিক অঙ্কন (Geometrical Drawing)

আঁকিবার যন্ত্রপাতি (Drawing Instruments)—যে সকল যন্ত্রপাতির সাহায্যে এঞ্জিনিয়ারিং ড্রয়িং করা হয়, তাহাদের মধ্যে প্রধান প্রধানগুলির নাম এই :—

(ক) 'ডিভাইডার' (Dividers), (খ) 'কম্পাস' (Compasses), (গ) 'বো-পেন্সিল' ও 'বো-পেন' (Bow Pencil and Bow Pen), 'ড্রয়িং-পেন' বা 'লাইন-পেন' (Drawing Pen or Line Pen), (ঘ) 'স্কেল' (Scales), (ঙ) 'প্রোট্র্যাক্টার' (Protractor), (চ) 'সেট্-স্কোয়্যার' (Set squares), (ছ) 'ড্রয়িং-বোর্ড' (Drawing Board), (জ) 'টী'-স্কোয়্যার' (Tee-square), (ঝ) 'ফ্রেঞ্চ-কার্ভ' (French curves), ইত্যাদি।

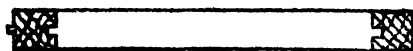
ড্রয়িং-কাগজ (Drawing Paper)—কাগজের উপরে প্রথমে পেন্সিল দিয়া অঙ্কনীয় বস্তু আঁকিতে হয়, এবং আবশ্যক হইলে তাহার উপরে কালি বুলাইয়া লওয়া হয়। যে কাগজে নক্সা প্রভৃতি আঁকা হয় তাহা সাধারণ কাগজ নয় ; ইহাকে 'ড্রয়িং-কাগজ' (Drawing Paper) বলে। যে নক্সা যত মূল্যবান্, তাহার জন্য তত দামী কাগজ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। সাধারণ কাগজ কলে প্রস্তুত হয় (machine-made paper), আর মূল্যবান্ কাগজ হাতে তৈয়ার হয় (hand-made paper)। যে যে বিভিন্ন আয়তনের কাগজ বাজারে পাওয়া যায়, তাহা এই :—

ডিমাই············	20×15 ইঞ্চ,	ইম্পীরিয়্যাল······	30×22 ইঞ্চ
মিডিয়ম্············	21×17 „	অ্যাটলাস·········	34×26 „
রয়্যাল···········	24×19 „	ডবল-এলিফ্যান্ট···	40×27 „
সুপার-রয়্যাল······	27×19 „	অ্যান্টিকোয়্যারিয়ান্	52×31 „

কোন কোন ক্ষেত্রে উপরে প্রদত্ত মাপের এক-আধ ইঞ্চ তারতম্যও লক্ষিত হইয়া থাকে।

সস্তা দরের ড্রয়িং-কাগজের নাম 'কার্ট্রিজ কাগজ' (Cartridge paper)। কাগজ 'তা'-(sheet) ভাবেও পাওয়া যায়, কিংবা 'রোলার'-এর উপরে জড়ান'-ভাবেও (in rolls) পাওয়া যায়।

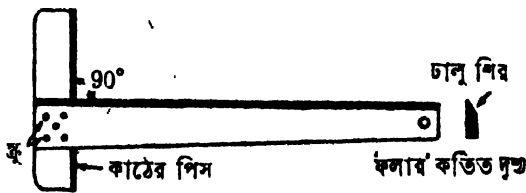
অঙ্কন অভ্যাসের জন্য কেহ কেহ অল্পদামের বা। ড্রজ-কাগজের খাতা ব্যবহার করিয়া থাকেন।

ড্রয়িং-বোর্ড (Drawing-Board)—উত্তমরূপে সীজন্ করা (well seasoned) পাইন কাঠ হইতে বোর্ড (board) নির্মাণ করা হয়। চারি কোণে পিন্ (drawing pin) [চিত্র নং 33] দিয়া আঙ্গুলের চাপে কাগজ বোর্ড-এর উপরে আঁটা হয় বলিয়া নরম কাঠ ব্যবহার করা হয়; তাহা ছাড়া পাইন কাঠ হাল্কা হওয়ায় বোর্ড নাড়াচাড়া করিতে কষ্ট কম হয়। দুইখানি পাত্‌লা চওড়া কাঠকে মাঝখানে মজবুত করিয়া জোড় দিয়া দুই প্রান্তে দুইখানি ফালি কাঠ তাহার সহিত সমান করিয়া জোড় দিতে হয়। চওড়া-কাঠ দুইখানির আঁশ (fibre) লম্বালম্বি, আর দুই প্রান্তের কাঠের আঁশ আড়াআড়ি রাখা হয়। অনন্তর দুইপাশের ফালি-কাঠ দু'খানির কিনারাকে চাঁছিয়া নিখুঁতভাবে সোজা করা হয়,—কারণ ইহার গায়ের সঙ্গে ভিড়িয়া 'টী'-স্কোয়্যার (Tee-square) [চিত্র নং 2 দ্রষ্টব্য] যাতায়াত করিবে। জোড়গুলি মজবুত করার জন্য শিরীষ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। অনেক বোর্ড-এ নীচের

ড্রইং বোর্ডের আকার

চিত্র নং 1

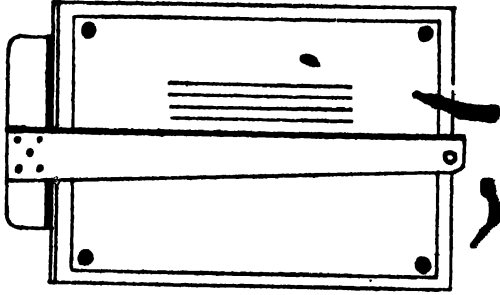
দিকে আড়াআড়িভাবে দুইটি 'খুরা' দেওয়া থাকে; তাহাতে বোর্ড সহজে বাঁকিয়া যায় না। নং 1 চিত্রে দেখান' বোর্ড অপেক্ষা মূল্যবান্ বোর্ড-ও আছে, তাহাতে এমন ব্যবস্থা থাকে যাহাতে অতিরিক্ত শীত বা উত্তাপে বোর্ড বাঁকিয়া যাইতে না পারে।

ব্যবহৃত কাগজের আয়তন অনুযায়ী বোর্ডের আয়তনও ভিন্ন ভিন্ন হয়। সচরাচর বোর্ড-এর দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ কাগজের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ অপেক্ষা চারিদিকে ইঞ্চ-খানেক করিয়া বাড়তি থাকে।

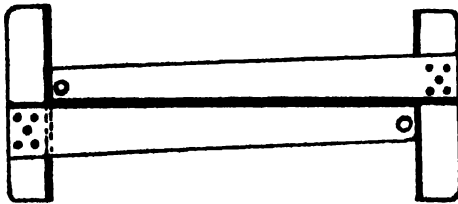
'টী'-স্কোয়্যার—দেখিতে ইংরাজী-অক্ষর 'T'-এর মত বলিয়া ইহার নাম 'টী'-স্কোয়্যার। একটি মোটা ও ছোট কাঠের টুক্‌রার মাথার সঙ্গে পাতলা

টী-স্কোয়ার

একখানি কাঠের ফালি (blade) স্ক্রু দিয়া আঁটা। 'মাথা'টির সঙ্গে ফলাটির কোণ ঠিক 90°। 'ফলা'র উপরের শির (edge) ঢালু (bevel) করিয়া কাটা, ও এই 'শির'-এর অংশ আবলুস কাঠ (ebony) দিয়া তৈয়ারি। যাহাতে নিত্য ব্যবহারেও শির সম্পূর্ণ ঋজু থাকে, তাহার জন্য এখানে শক্ত কাঠ আবলুস দেওয়া হয়। দামী 'টী'-স্কোয়্যার-এর ফলা (blade)-টি মেহগিনি কাঠের হইয়া থাকে। ছোট কাঠের টুক্‌রা (বা 'মাথা')-র উপর ফলাটি ঠিক 90°-ডিগ্রি করিয়া বসাইয়া স্ক্রু দিয়া উহা কষিয়া দেওয়া হয়,—এবং উপরন্তু একটি কিংবা দুইটি কাঠের পিস্ ঠুকিয়া দিয়া 'ফলা'খানিকে যথাযথ স্থানে রাখা হয়।

ব্যবহার করিবার সময় কেবল তাহার 'ফলা'-র উপরের দিকের ঢালু কিনারাই ব্যবহার করিতে হয়; মাথাটি বোর্ড-এর বাঁ প্রান্ত ছুঁইয়া উপরে-নীচে

যায় আর আসে, এবং 'ফলা' (blade)-এর তেরছা শিরের উপর দিয়া পেন্সিল কিংবা 'লাইন-পেন' টানিয়া লম্বালম্বি সমান্তরাল রেখা টানা হয় (চিত্র নং 3)।

ড্রইং-বোর্ডের উপরে চারি কোণে চারিটি ড্রইং-পিন দিয়া কাগজ আঁটিয়া টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে সমান্তরাল অনুভূমিক রেখা টানা হইয়াছে।

চিত্র নং 3

'টী-স্কোয়্যার' ব্যবহারের সময় কেবল তাহার ঢালু কিনারাই ব্যবহার করার কারণ এই যে, উহাই 'মাথার' সঙ্গে ঠিক 90° করিয়া নির্মিত। যদি দুইখানি 'টী-স্কোয়্যার' উল্টা-পাল্টা করিয়া (চিত্র নং 4) একখানি অন্যখানির উপরে

দুইখানি টী-স্কোয়ার দ্বারা ফলকের ঢালুদিকের ত্রুটি পরীক্ষা।

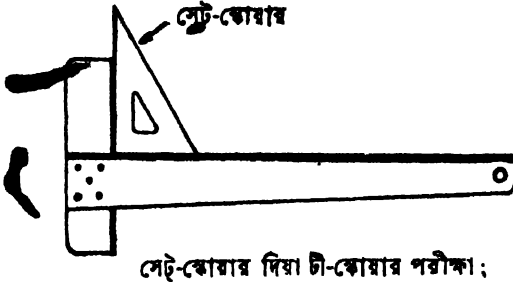
চিত্র নং 4

রাখিয়া দেখা যায়, তবে যদি উহাদের স্পর্শ-রেখা ভেদ করিয়া পিছনদিক হইতে আলো আসিতে দেখা না যায়, তবে উহাদের ঢালু কিনারা যে ঋজু আছে, তাহা সহজেই বুঝা যায়। এইরূপে উহার 'ফলা'র ঋজুতা পরীক্ষা করা হয়।

'ফলা' উহার 'মাথার' সঙ্গে 90°-ডিগ্রিতে আছে কি না তাহা পরীক্ষা

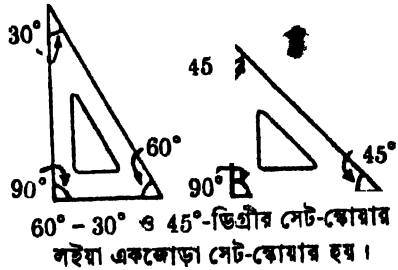
করিতে হইলে একখানা 'সেট্-স্কোয়্যার-এর 90°-কোণ এ কোণের উপরে ধরিলে, যদি সেট্-স্কোয়্যারের কিনারা-দুইটি টী-স্কোয়্যারের 'মাথা ও 'ফলা'র কিনারার সঙ্গে মিলিয়া যায়, তবে বুঝা যাইবে কোণ 90° আছে (চিত্র নং 5)।

সেট্-স্কোয়ার দিয়া টী-স্কোয়ার পরীক্ষা;

চিত্র নং 5

'সেট্-স্কোয়্যার' (Set-squares) ও উহাদের ব্যবহার—

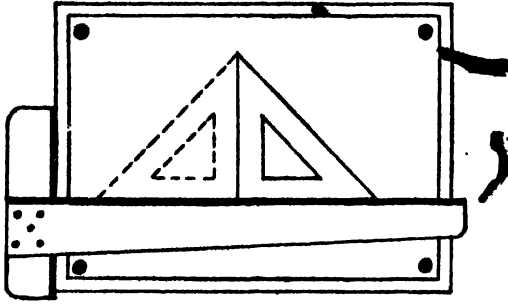
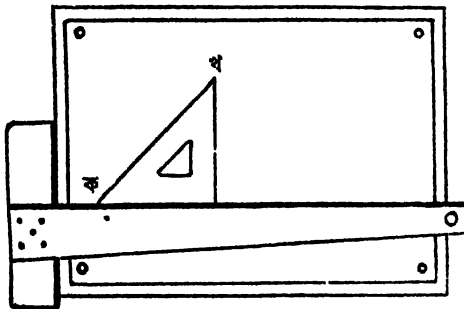
এইগুলি ত্রিভুজাকার, ও কাঠ, এবনাইট, সেলিউলয়েড, এমন কি টিনের চাদর হইতেও তৈয়ার করা হইয়া থাকে। কাঠের গুলি সস্তা, কিন্তু ব্যবহার করিতে করিতে বাঁকিয়া যাইতে পারে; সেলিউলয়েড-এর গুলিও বাঁকিয়া যায়, কিন্তু এবনাইটের গুলি বাঁকে না। অন্যদিকে

60° – 30° ও 45°-ডিগ্রীর সেট-স্কোয়ার লইয়া একজোড়া সেট-স্কোয়ার হয়।

চিত্র নং 6

সেলিউলয়েড-এর সেট্-স্কোয়্যারের সুবিধা এই যে, ঐগুলি কাচের মত স্বচ্ছ পাওয়া যায় বলিয়া ড্রয়িং করিবার সময় নীচের সমস্ত অঙ্কিত রেখা দেখা যায়, তাই ইহাতে কাজের বড় সুবিধা হয়। সাধারণ কাজের জন্য ৪ ইঞ্চ হইতে ৮ ইঞ্চ বাহু-ওয়ালা সেট্-স্কোয়্যার ব্যবহৃত হইয়া থাকে; তবে ইহা অপেক্ষা ছোট কিংবা বড়ও থাকে, আর আবশ্যক বুঝিয়া তাহাও ব্যবহার হয়। অন্ততঃ একখানি ৪৫°-৯০°-৪৫° ডিগ্রি, ও অন্যখানি ৬০°-৯০°-৩০° ডিগ্রি, সেট্-স্কোয়্যার থাকা চাই।

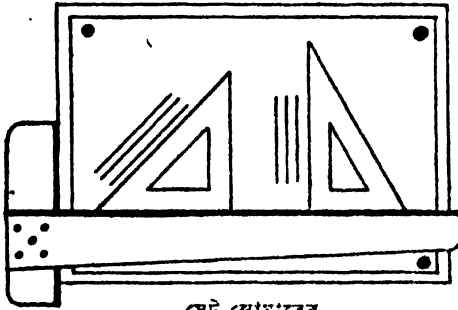
'সেট-স্কোয়্যার' পরীক্ষা—সেট্-স্কোয়্যারের কিনারাগুলির ঋজুতা ও কোণগুলির যথাযথ হওয়ার উপরেই উহার ব্যবহার্যতা। ৯০°-ডিগ্রি কোণ ঠিক আছে কিনা দেখিবার প্রণালী এই :—7 নং চিত্রে দেখান'-মত, টী-স্কোয়্যারের

সেট্-স্কোয়্যারের 90°-কোণ পরীক্ষা

চিত্র নং 7

ফলার উপরে সেট্-স্কোয়্যার বসাইয়া এক লম্ব-রেখা টান; এইবার সেট্-স্কোয়্যার ঘুরাইয়া ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখায় দেখান'-অবস্থায় পাত'; এখন যদি এই অবস্থ উহার ঊর্ধ্বাধঃ-শির ঠিক পূর্বের লম্ব-রেখার সহিত সমরেখায় পড়ে, তবে ৯০°-কোণ

সেট্-স্কোয়ারের 45° কোণ পরীক্ষা করা।

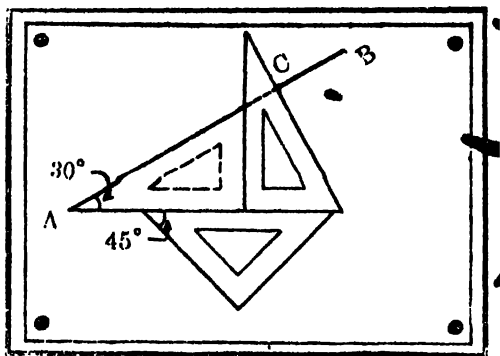
চিত্র নং 8

ঠিক আছে বুঝিতে হইবে। সেট্-স্কোয়্যারের ৪৫°-ডিগ্রি কোণের নির্ভুলতা পরীক্ষা করিতে হইলে, বোর্ডের উপরে টী-স্কোয়্যার পাতিয়া তাহার উপরে ৪৫°-ডিগ্রি সেট্-স্কোয়্যারখানি রাখ, (চিত্র নং ৪), ও পেন্সিল দিয়া কাগজের উপরে 'কখ'-রেখা টান। এইবার টী-স্কোয়্যার না নড়াইয়া, সেট্-স্কোয়্যারের অন্য ৪৫°-ডিগ্রি কোণটি ঐ অবস্থানে আন ; যদি 'টী-স্কোয়্যার ও কখ-রেখার অন্তর্গত কোণের সঙ্গে এই কোণটি মিলিয়া যায়, তবে সেট্-স্কোয়্যার ঠিক আছে।

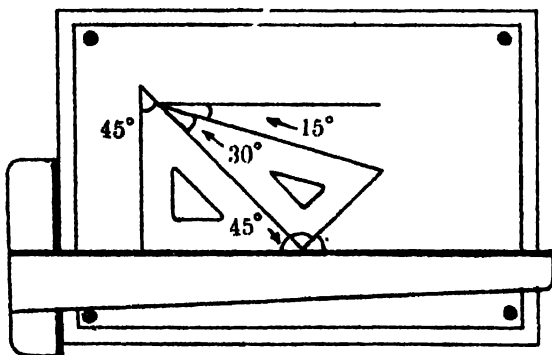
'টী-স্কোয়্যার' দিয়া অনুভূমিক সমান্তরাল রেখা (parallel horizontal lines) আঁকা হয়, আর 'টী-স্কোয়্যার'-এর উপরে সেট্-স্কোয়্যার বসাইয়া ঊর্ধ্বাধঃ (vertical) কিংবা ঢালু (slanting) সমান্তরাল রেখা আঁকা হইয়া থাকে। আবার টী-স্কোয়্যারের উপরে যে-কোন ভাবে সেট্-স্কোয়্যার বসাইয়া একটু একটু

সেট্-স্কোয়ারের
সাহায্যে ঊর্ধ্বঃ ও ঢালু সমান্তরাল রেখা অঙ্কন
চিত্র নং 9

করিয়া সরাইলে একই আনতির যত ইচ্ছা সমান্তরাল রেখা আঁকা যাইতে পারে। (চিত্র নং 9)।

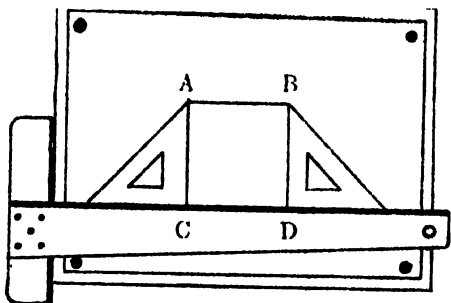
আবার কোন রেখার উপর লম্বও কেবল মাত্র সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে আঁকা যায়। মনে কর AB সেই রেখা (চিত্র নং 10) ; ইহার উপরের C-বিন্দু হইতে কোন লম্ব অঙ্কিত করিতে হইবে। এক্ষেত্রে 30°-60° সেট্-স্কোয়্যারের সর্বাপেক্ষা অধিক লম্বা দিককে AB-র সম-রেখায় স্থাপন কর ; এইবার 45°-সেট্-স্কোয়্যারের সর্বাপেক্ষা লম্বা দিককে প্রথমোক্ত সেট্-স্কোয়্যারের সঙ্গে ঠেকাইয়া এমনভাবে স্থাপন কর যে এই 45°-সেট্-স্কোয়্যারের ঐ দিকটা 60°-সেট্-স্কোয়্যার ছাড়াইয়াও

কিছু বাড়িয়া থাকে। এইবার প্রথম সেট্-স্কোয়্যারকে উঠাইয়া, উহার ছোট দিকটা 45°-সেট্-স্কোয়্যারের বাড়তি দিকের উপরে এমনভাবে রাখ, যাহাতে

চিত্র নং 10

উহার সর্বাপেক্ষা বড় দিকের কিনারা C-বিন্দুর উপর দিয়া যায়। এইবার পেন্সিল লইয়া দাগ কাট।

সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে 15°-কোণ অঙ্কন—প্রথমে টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে কাগজের উপরের দিকে একটি শয়ান রেখা আঁক (চিত্র নং 11); পরে টী-স্কোয়্যারকে উপযুক্ত পরিমাণে নীচে নামাইয়া আনিয়া

চিত্র নং 11

তাহার উপরে 45°-সেট্-স্কোয়্যারটি পাত, ও তাহার গায়ে ৬০°-৩০°-সেট্-স্কোয়্যারটির 30°-কোণটি এমনভাবে ঠেকাইয়া দাও, যাহাতে উহার এক শীর্ষদেশ শয়ান রেখাটি স্পর্শ করে ; তখন উহার ঐ কোণের কিনারা ছুঁইয়া রেখা টানিলে, তাহা প্রথম রেখা, (অর্থাৎ শয়ান রেখা)-র সহিত, 15°-কোণে আনত থাকিবে।

বর্গক্ষেত্র অঙ্কন—প্রথমে টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে উপযুক্ত দৈর্ঘ্যের শয়ান AB রেখা অঙ্কিত কর এবং বর্গক্ষেত্রের প্রস্থকে দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া, টী-স্কোয়্যারকে নীচে নামাইয়া আনিয়া যে-কোন-একটা সেট্-স্কোয়্যারের খাড়া কিনারার সাহায্যে A হইতে টী-স্কোয়্যার পর্যন্ত একটা লম্ব AC আঁক, এবং টী-স্কোয়্যারকে না নাড়াইয়া, সেট্-স্কোয়্যারকে তুলিয়া লইয়া উহার দ্বারা B-বিন্দু হইতে BD পর্যন্ত আর একটা লম্ব আঁক ; অনন্তর টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে CD-রেখা টান। ইহাতে ABCD —একটা বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত হইল।

চিত্র নং 12

এইভাবে যে-কোন আনতির কোণ-সম্বলিত ক্ষেত্র প্রভৃতি অঙ্কিত করা যায়।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

যন্ত্রাদির বিবরণ ও ব্যবহার

বৃত্ত, চাপ প্রভৃতি অঙ্কন করিতে **কম্পাস** (**Compasses**) ব্যবহার করা হয়, আর কোন দুই বিন্দুর দূরত্ব নিরূপণ করিতে, কিংবা নক্সার এক জায়গা হইতে কোন মাপ অন্য জায়গায় লইয়া যাইতে **ডিভাইডার** (**Dividers**) ব্যবহার করা হয়। যদি বাংলা পরিভাষা ব্যবহার করিতেই হয়, তবে ইহাদের, যথাক্রমে, 'বৃত্তক' ও 'বিভাজক' নাম দেওয়া যাইতে পারে।* যত্নসহকারে নির্মিত যন্ত্রের উৎকর্ষ-অপকর্ষতা বিচারে ইহাদের আকার ও মূল্য বহু প্রকারের। এখানে কয়েকটি যন্ত্রের গঠন-কৌশল ও তাহাদের বিশেষত্বের সাধারণ বর্ণনা দেওয়া হইতেছে।

যে-জাতীয় যন্ত্র ছাত্রগণ ব্যবহারিক জ্যামিতির জন্য এতাবৎ ব্যবহার করিয়া আসিয়াছেন, এঞ্জিনিয়ারিং ড্রয়িং-এ সে-জাতীয় অল্পমূল্যের যন্ত্রে কাজ ভাল হয় না; কারণ এঞ্জিনিয়ারিং-এর জন্য যে সব নক্সা প্রস্তুত হয়, তাহাতে যে পরিমাণ সঠিকতা (accuracy)-র আবশ্যক করে, তত সঠিকভাবে ঐ সব যন্ত্র দ্বারা এসব নক্সা প্রস্তুত অনেক ক্ষেত্রে অসম্ভব হইয়া পড়ে।

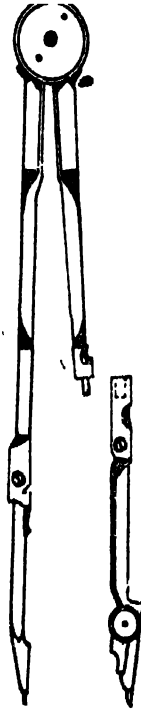
"কম্পাস" (Compasses) বা "বৃত্তক", এবং "ডিভাইডার" (Dividers) বা "বিভাজক" একই জাতীয় যন্ত্র; প্রভেদের মধ্যে এই যে, শেষোক্ত যন্ত্রের উভয় পাদ (legs)-ই অতিসূক্ষ্ম লৌহ-শলাকায় পর্যবসিত (চিত্র নং 14), কিন্তু প্রথমোক্তটি (অর্থাৎ "বৃত্তক" বা কম্পাস) তাহা নহে; ইহার এক পাদের সঙ্গে এমন ব্যবস্থা থাকে যে, তাহাতে পেন্সিলের সীস (lead) ঢুকাইয়া দেওয়া যায় (চিত্র নং 13)।

মূল্যবান্ যন্ত্র সাধারণতঃ জার্মান-সিল্ভার (German silver), 'ইলেক্ট্রা' (Electra); অ্যালুমিনিয়ম্ (Aluminium) প্রভৃতি হইতে নির্মিত হইয়া থাকে; আর অল্পমূল্যের গুলি পিতলের হয়। ভাল যন্ত্রের উপরে ইলেক্ট্রোপ্লেট † (Electro-plate) করা থাকে। পিতলের যন্ত্র ব্যবহারে উহারা কালক্রমে ম্যাড়-

---

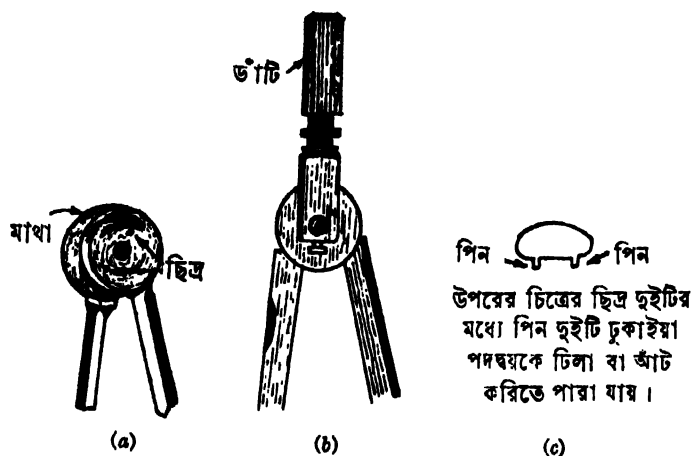
* মনে হয়, এইজাতীয় অতি প্রচলিত নাম সকলের পরিবর্তে বাংলা প্রতিশব্দের প্রবর্তন না করাই বাঞ্ছনীয়।

† তড়িৎ-সাহায্যে যন্ত্রের উপরে নিকেল, ক্রোমিয়ম্ প্রভৃতি ধরান'।

মেড়ে হইয়া যায়, হাতে কলঙ্কা-দাগ লাগে, ও সেই দাগ কাগজে লাগে ; ইহাতে তাহা হয় না। অ্যালুমিনিয়মের যন্ত্র হাল্কা বটে, কিন্তু ওগুলি কম মজবুত।

পেন্সিল পয়েণ্ট
(Pencil point)
কম্পাস
(Compasses)
চিত্র নং 13

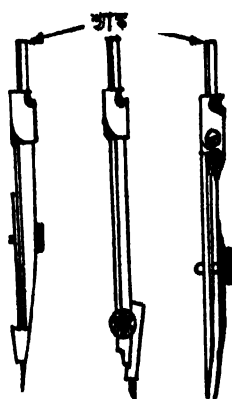
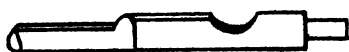
ডিভাইডার
(Divider)
চিত্র নং 14

ডিভাইডার-এ বিশেষ লক্ষণীয় বিষয় এই যে, উহাদের 'পয়েণ্ট' (Point) দুইটি যেন ঠিক একই বিন্দুতে মিলিত হয়,—ডিভাইডার বন্ধ করিলে যেন দুই পয়েণ্টের মধ্যে কিছুমাত্র ফাঁক না থাকে,—কিংবা কোনটি সামান্যও লাইন ছাড়িয়া এদিক-ওদিক না হয়, বা উঁচু-নীচুও না হয়। কোন কোন ডিভাইডারের

'পয়েণ্ট' দুইটি কখন কখন দৈর্ঘ্যে সামান্য ছোটবড়ও থাকে; এটি দোষের। ইহাতে, কোন রেখাকে কতকগুলি সমান ভাগে ভাগ করিবার সময় ভাগগুলি একান্তর ক্রমে ছোট ও বড় হইতে থাকে; কারণ এইরূপে ভাগ করিতে হইলে, ডিভাইডারের মাথাটা ধরিয়া উহাকে একবার বাঁদিকে আর একবার ডানদিকে ঘুরান' হইতে থাকে যাহাতে যন্ত্রটির প্রাদদ্বয় ঠিক বক কিংবা অন্য পাখীর মত একবার বাঁ-পা আর একবার ডান-পা আগে ফেলিয়া বিভাজ্য রেখার উপর সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম বিন্দু ফেলিয়া অগ্রসর হয়। তাই 'পয়েণ্ট' দুইটি দৈর্ঘ্যে ঠিক সমান হইতে হইবে। পরে এই সকল সূক্ষ্ম বিন্দুর উপরে অতি সূক্ষ্মাগ্র পেন্সিল দিয়া দাগগুলি পরিস্ফুট করা হয়। কোন কোন ডিভাইডার ও কম্পাসের মাথা গোল [চিত্র নং 15(a)], আবার কোন-কোনটির মাথার উপরে একটি

চিত্র নং 15

করিয়া 'কিরুকিরে'-কাটা ডাঁটি থাকে [চিত্র নং 15 (b)]। তাহাতে ইহা ধরিয়া যন্ত্রকে ঘুরাইতে, (যেমন বৃত্ত অঙ্কিত করিতে), সুবিধা হয়।

কোন কোন যন্ত্রের বাক্সে ডিভাইডার ও কম্পাস পৃথক্ পৃথক্ থাকে, আবার কোন বাক্সে একই যন্ত্রের 'পাদ' (leg) বদলাইয়া তাহাকে এক বা অপরভাবে ব্যবহার করা যায়। এমন ক্ষেত্রে যন্ত্রের এক 'পাদ' ডিভাইডারের মত সূচ্যগ্র বিন্দুতে পর্যবসিত করা থাকে, আর অন্য পাদকে ছোট রাখিয়া এমনভাবে গঠিত

করা থাকে যে, তাহাতে আবশ্যক মত 'পিন-পয়েণ্ট' (pin-point) অথবা 'পেন্সিল-পয়েণ্ট' (pencil-point), কিংবা নক্সায় কালি দিবার 'পেন-পয়েণ্ট' (pen-point)-ও লাগান' যায়। ইহাদের আকার চিত্র নং 13 ও 16-তে দেখান' হইল। পিন-পয়েণ্ট খুলিয়া পেন্সিল-পয়েণ্ট, এবং তাহা খুলিয়া পেন-পয়েণ্ট লাগানোর কৌশল এই প্রকার থাকে :—এই 'পয়েণ্ট'-গুলোর উপরের মাথা,—যেটা কম্পাস বা ডিভাইডারের সঙ্গে আঁটা যায়,—তাহাকে 'শ্যাঙ্ক' (shank) বলে; আর ডিভাইডারের একটা পাদে যে লম্বালম্বি একটি করিয়া সরু ছোট গর্ত থাকে, তাহাকে 'সকেট' (socket) বলে। (কিংবা কোন যন্ত্রে শ্যাঙ্ক ও সকেট স্থান-পরিবর্তনও করিতে পারে)। শ্যাঙ্ক ও সকেট্-এর আকৃতি :—যথাক্রমে, চিত্র নং 17(ক), এবং 17(গ)-তে দেখান' হইয়াছে। চিত্র নং 17(ক)-কে ডান পাশ হইতে দেখিলে 'শ্যাঙ্ক'কে যেমন দেখায়, তাহা চিত্র নং 17(খ)-তে অঙ্কিত

চিত্র নং 16

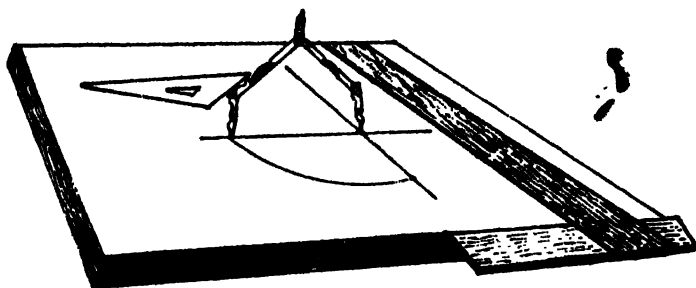
'শ্যাঙ্ক' ও 'সকেট'

চিত্র নং 17

হইয়াছে। মূল্যবান্ কম্পাস ও ডিভাইডারের 'পাদ' (legs) দুইটিকে যাহাতে আবশ্যক মত বাঁকাইতে পারা যায়, তাহার জন্য 'knee-joint' থাকে ; কিন্তু সস্তার যন্ত্রে তাহা থাকে না। বড় বৃত্ত প্রভৃতি অঙ্কন করিবার সময় কম্পাসকে 18নং চিত্রের মত করিয়া ভাঁজ করিয়া উহার পিন-পয়েণ্টকে ঠিক অঙ্কনীয় বৃত্তের কেন্দ্রের, আর উহার পেন্সিল কিংবা পেন-পয়েণ্টকে বৃত্তের যে ব্যাসার্ধ হইবে তাহার উপরে ঠিক উর্ধ্বাধঃ-ভাবে বসাইলে, বৃত্ত ঠিক নির্ভুল হয় ; আর এমন ক্ষেত্রে যদি একই কেন্দ্র হইতে একাধিক বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হয়, তবে পিন্-পয়েণ্টকে

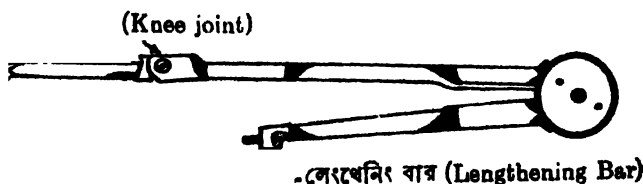
যে বিন্দুতে কাগজের উপরে বার বার বসাইতে হয়, সে বিন্দু ক্রমশঃ বড় হইয়া অবশেষে একটা ছোট গর্তে পরিণত হইয়া নক্সার সৌন্দর্য নষ্ট করে না।

ডিভাইডার সম্বন্ধেও ঐ কথা ; তাহাতেও 'knee-joint' থাকে, আর তাহার পাদদ্বয়কে ভাঁজ করিয়া, যে দুই বিন্দুর দূরত্ব মাপিতে হইবে, ঠিক তাহার উপর হইতে লম্ব-ভাবে যন্ত্রের পিন-পয়েণ্ট দুইটি বসাইয়া মাপ লইতে হয়।

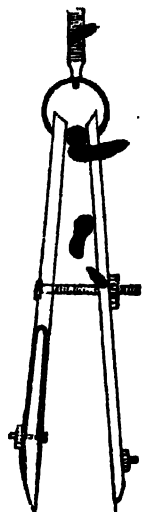
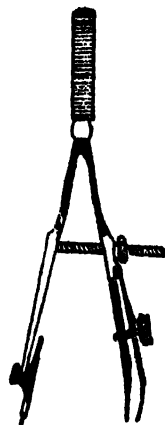
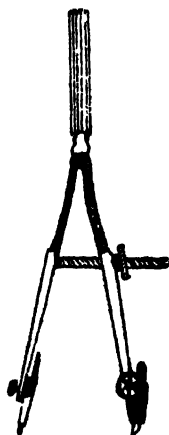
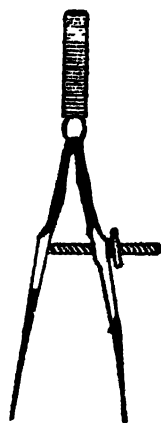
চিত্র নং 18

কম্পাস ও ডিভাইডারের 'Knee-joint'

"এক্সটেন্‌শন্ পীস" (Extension piece) বা **"লেংথ্‌নিং বার" (Lengthening Bar)**—যখন খুব বড় বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হয়, তখন 'লেংথ্‌নিং বার' (lengthening bar)-এর সাহায্যে কম্পাসের এক কিংবা দুই পাদই লম্বা করিয়া লইয়া তাহার সাহায্যে অঙ্কিত করা যায়। 'লেংথ্‌নিং বার' ও তাহার সাহায্যে লম্বা করিবার একটি কম্পাসের চিত্র এখানে দেওয়া হইল (চিত্র নং 19)।

লেংথেনিং বার-এর ব্যবহার

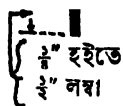
চিত্র নং 19

"বো-পেন", "বো-পেন্সিল" ও "বো-ডিভাইডার"

(Bow-pen, Bow-pencil and Bow-dividers)—

বো-পেন
(Bow-pen)
চিত্র নং 20

খুব ছোট ছোট বৃত্ত অঙ্কিত করিতে গেলে সাধারণ যন্ত্রাদি ব্যবহার করিতে সব সময় সুবিধা হয় না ; সেখানে ছোট ছোট যন্ত্র ব্যবহার করা হয় ; তাহাদের 'বো-পেন', 'বো-পেন্সিল' ও 'বো-ডিভাইডার' বলে। যখন কোন বৃত্তের ব্যাসার্ধ আন্দাজ ¾" ইঞ্চের কম হয়, তখন এইসব যন্ত্র ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এইসব যন্ত্র, চিত্র নং 20, 21, 22 ও 23-এ দেখান' হইল।

বো-পেন (Bow-pen)
চিত্র নং 21

বো-পেনসিল (Bow-pencil)
চিত্র নং 22

বো-ডিভাইডার
(Bow-divider)
চিত্র নং 23

পেন্সিল-পয়েণ্ট ও ড্রয়িং-পেন্সিল (Pencil-points and Drawing Pencils)—ড্রয়িং-এর কাজের জন্য H, HH, HHH, HHHH,—এইসব মার্ক-ওয়ালা পেন্সিলই প্রশস্ত। HH-পেন্সিল H*-পেন্সিল অপেক্ষা কঠিনতর, HHH-পেন্সিল HH-পেন্সিল অপেক্ষা কঠিনতর,—এইরূপ; অর্থাৎ, যত বেশি H-ছাপ পেন্সিলে থাকে, তাহা দিয়া তত বেশি সূক্ষ্ম রেখা টানা যাইতে পারা যায়, ও নক্সা তত যথাযথ হয়। তবে কে কত H-ছাপ-ওয়ালা পেন্সিল ব্যবহার করিতে পছন্দ করেন, তাহা তাঁহার অভিজ্ঞতার দ্বারা নির্ণীত হয়; ছাত্রদের পক্ষে H এবং HH,—এই ছাপের পেন্সিলেই কাজ হইবে। তবে আবশ্যক বুঝিয়া অধিক H-এর পেন্সিল ব্যবহার করিতেও হইতে পারে।

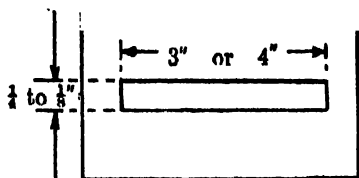
পেন্সিলের অগ্রভাগ বাটালির মুখের মত (chisel-point) হইবে। ধারাল ছুরির দ্বারা এইভাবে পেন্সিল বাড়িয়া, পরে সূক্ষ্ম শিরীষ কাগজ কিংবা উখার উপর ঘষিলে, পরে ঐ গুলি দিয়া যে রেখা উৎপন্ন হইবে, তাহা লঘু বা হাল্কা (light), এবং সূক্ষ্ম (fine) হইবে। রেখা অঙ্কিত করিতে হইলে সীসার 'বাটালি'র অংশটি টী-স্কোয়্যার কিংবা সেট্-স্কোয়্যারের গা ছুঁয়াইয়া অঙ্কিত করিতে হয়; ইহাতে ঠিক জায়গা দিয়া রেখা টানা যায়। যদি পেন্সিলে

½" হইতে ¾" লম্বা | প্রান্তভাগ ট্যারছা | সূচাল বা সূক্ষ্মাগ্র

চিত্র নং 24

অঙ্কিত নক্সায় কালি বুলাইতে না হয়, বা তাহা হইতে ট্রেসিং (tracing) করিতে না হয়, তবে অপেক্ষাকৃত নরম (অর্থাৎ কম সংখ্যার H-মার্কা) পেন্সিল ব্যবহার করিতে হয়, নহিলে শক্ত (বেশি H-এর) পেন্সিল ব্যবহার করিয়া তাহাতে কালি দিতে হয়। বো-পেন্সিল কিংবা স্প্রীং বো-পেন্সিলের জন্য সীসাকে, নক্সাকরের ইচ্ছামত, সূক্ষ্মাগ্র (Pointed), কিংবা বাটালির আকারের

* 'H'-পেন্সিল অর্থে 'Hard' pencil.

মত (chisel-pointed) করা যাইতে পারে। বেশি শক্ত পেন্সিল ব্যবহার করিতে হইলে, খুব অল্প চাপ দিয়া অঙ্কন করিতে করিতে হয়, নহিলে কাগজে যে দাগ পড়ে তাহা সহজে ওঠে না।

রবার—অঙ্কন-কার্যের জন্য নরম রবার (ইংরাজিতে eraser) ব্যবহার করিতে হয় (বাজারে চলিত 'Venus' প্রভৃতি মার্কা রবার এইজাতীয়)। রবারের গুণ এমন হওয়া চাই, যাহাতে পেন্সিলের কোন দাগ তুলিবার জন্য রগড়াইবার সময় কাগজের কোন যায়গা ঘষিয়া উঠিয়া না আসে,—মাত্র রবারই পেন্সিলের ময়লাটা তুলিয়া আনে। যাহাতে ঘষিবার সময় আবশ্যক মত জায়গার বেশি জায়গা ঘষা না হইয়া যায়, সে কারণে অনেকে একটুকরা কার্ডবোর্ড (card board)-এর মধ্যে প্রায় 3/4" ইঞ্চ লম্বা ও $\frac{1}{8}$" হইতে $\frac{1}{4}$" ইঞ্চ চওড়া সরু ফালি গর্ত কাটিয়া লইয়া তাহারই মধ্যে রবার চালনা করেন। কাজের জন্য পাতলা পিতলের পাতের মধ্যে আবশ্যক মত দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের ফালি, কিংবা ডিমের আকারে গর্তও কাটা থাকে।

রবার দিয়া পেন্সিলের দাগ তুলিবার জন্য ব্যবহৃত সরু গর্ত-ওয়ালা পাত
চিত্র নং 25

ড্রয়িং-পেন বা লাইন-পেন (Drawing pen or Line-pen)—যখন নক্সায় কালি দিতে হয়, তখন প্রথম সূক্ষ্ম করিয়া পেন্সিল-ড্রয়িং করিয়া তাহাতে 'চাইনিজ ইঙ্ক' (chinese ink) অথবা 'ইণ্ডিয়ান ইঙ্ক' (Indian ink) বুলাইতে হয়।

ড্রইং পেন
অথবা লাইন-পেন
চিত্র নং 26

একটি সরু কলমের হাতলের ডগায় ইস্পাতে তৈয়ারী একজোড়া পাখীর ঠোঁটের মত অংশ বসান' থাকে, আর একটি সেট্-স্ক্রু দিয়া দুটির ঠোঁটের মধ্যের যে দূরত্ব তাহা কম বা বেশি করা যায়। ইহাই 'ড্রয়িং-পেন'। মূল্যবান্ পেন-এ আবার উপরের ঠোঁটকে একেবারে খুলিয়া উপরের দিকে তুলিয়া ফেলা যায়; তাহার জন্য একটি কব্জা থাকে। চিত্র নং 26-এ ঐ কব্জা দেখা যাইতেছে। কালি ফুরাইয়া গেলে, দুই ঠোঁটের মধ্যে শুকাইয়া-যাওয়া কালি পরিষ্কার করিয়া, আবার নূতন কালি দিতে হয়। এইপ্রকার বারবার করিতে হয়। ইহা ব্যতীত, ঐ সেট্-স্ক্রু ঢিলা করিয়া কিংবা আঁটিয়া, কালির রেখার প্রস্থ মোটা কিংবা সরুও করা হইয়া থাকে। লাইন-পেন-এ কালি ভরিতে হইলে তাহাকে কালিতে ডুবাইতে নাই। প্রথমে ঠোঁট দুইটিকে বেশ করিয়া কাপড় দিয়া মুছিয়া, ও সেট্-স্ক্রু দিয়া উহাদের মধ্যের ফাঁক, যত মোটা রেখা টানিতে হইবে তদনুরূপ ঠিক করিয়া লইয়া, অন্য একটি স্টীল পেন-এর নিব কালিতে ডুবাইয়া তাহাতে করিয়া কালি লইতে হয়, ও ঐ কালি-শুদ্ধ নিব (nib) ঠোঁট দুইটির মধ্যে এতটা পরিমাণে ঢুকাইতে হয় যাহাতে ঠোঁট দুইটির ফাঁকের মধ্যে $\frac{1}{4}$" হইতে $\frac{3}{8}$" পর্যন্ত কালি প্রবেশ করে। একসঙ্গে বেশি কালি ভরিলে, লাইন-পেন ব্যবহার করিবার সময় উহা হইতে একেবারে সমস্ত কালিটা কাগজের উপরে ঝরিয়া পড়িতে পারে। কাজ শেষ হইয়া গেলে, কলমের ঠোঁট দুইটিকে খুলিয়া, বেশ ভাল করিয়া কাপড় দিয়া মুছিয়া রাখিয়া দিতে হয়; নহিলে কালির দ্বারা ঐ দুইটি অংশ ক্ষয় পাইয়া যাইতে পারে।

'ড্রয়িং পেন'-এর ব্যবহার—ব্যবহার করিবার সময় লাইন-পেন ও বো-পেন এমনভাবে ধরিতে হয় যাহাতে দুইটি ঠোঁটের দ্বারাতেই কাগজের উপরে সমান চাপ পড়ে। যেদিক হইতে লাইন টানা হইবে, পেনটি যেন সেইদিকে একটু হেলান' করিয়া রাখা হয় [চিত্র নং 27(খ)], আর তখন কলমটি যেন সেট্-স্কোয়্যার অথবা টী-স্কোয়্যারের গায়ে অতি আলগাভাবে ঠেকিয়া থাকে। এসময়ে কলমকে বেশি জোরে চাপিলে বিভিন্ন রেখার প্রস্থ কম বা বেশি হইবে। তাহা ব্যতীত কলমের ডগাকে একেবারে টী-স্কোয়্যার অথবা সেট্-স্কোয়্যারের ঠিক তলার কিনারা দিয়া চালান' উচিত নহে; তাহা করিলে কলম

হইতে কালি একেবারে কাগজের উপরে আসিয়া 'ধ্যাবড়া' করিয়া দিতে পারে। [চিত্র নং 27 (গ)]

কালি—নক্সার কাজে যে কালি ব্যবহার করা হয় তাহাকে 'চাইনীজ

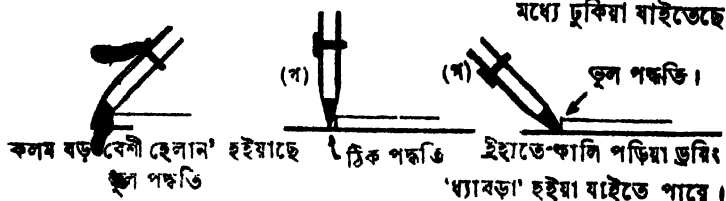
কলম টি-স্কোয়্যার বা সেট্ স্কোয়্যারের মধ্যে ঢুকিয়া যাইতেছে

(গ) (ঘ) ভুল পদ্ধতি।

কলম বড় বেশী হেলান' হইয়াছে ভুল পদ্ধতি

ঠিক পদ্ধতি

ইহাতে কালি পড়িয়া ড্রয়িং 'ধ্যাবড়া' হইয়া যাইতে পারে।

চিত্র নং 27

ইঙ্ক' কিংবা 'ইণ্ডিয়ান্ ইঙ্ক' বলে। 'চাইনীজ ইঙ্ক' সাধারণতঃ আন্দাজ ছয় ইঞ্চ লম্বা, চার-কোণা, ছয়-কোণা বা আট-কোণা, শুক্‌নো কালির বাট্ (bar)

"চাইনিজ ইঙ্ক"-এর বাট

চিত্র নং 28

(চিত্র নং 28), আর 'ইণ্ডিয়ান্ ইঙ্ক' ধ্যাব্‌ড়া ছোট শিশিতে রক্ষিত তরল কালি, উত্তমরূপে আঁটা, আর তাহার ছিপির নীচের দিকে একটি পাখীর পেন-কলম (quill)-এর মত ছোট 'কচ্‌কাটা' মোচ আট্‌কান' থাকে। কালিতে ডুবাইলে ইহাতে কালি উঠে, ও তাহা দিয়া ড্রয়িং পেন-এ কলি ভরা যায়।

"চাইনিজ ইঙ্ক" গুলিবার চীনে মাটির পাত্র;

চিত্র নং 29

'চাইনীজ ইঙ্ক' গুলিতে একটি চীনামাটির পাত্র [Saucer ; চিত্র নং 29] ব্যবহার করা হয়।

পাত্রে একটু জল দিয়া কালির বাট্‌টির একপ্রান্ত তাহাতে ক্রমাগত ঘষিতে থাকিলে উহা একটু একটু করিয়া গুলিয়া তরল কালিতে পরিণত হয়; আর উপযুক্ত মত ঘন হইল কিনা, তাহা মাঝে মাঝে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। ইহা করিতে হইলে, একটি কলমের নিব (nib) উহাতে ডুবাইয়া কালি লইয়া, তাহা দিয়া কাগজের উপরে আঁচড় দিয়া, শুকাইয়া গেলে, যতক্ষণ না কাগজে ঘন কাল দাগ থাকিবে, ততক্ষণ পর্যন্ত 'বাট'কে ঘষিতে হইবে। এই সময়টা বড়ই বিরক্তিকর। এই পদ্ধতি-মত কালি করিলে আন্দাজ-মত জল লইয়া কালি গোলা উচিত; কেননা, যদি কিছু কালি উদ্‌বৃত্ত থাকিয়া যায়, তবে তাহার পরদিন তাহাতে আরও কিছু জল দিয়া বাড়াইবার জন্য ঘষিলে কালি ভাল ঘসে না; তবে উদ্‌বৃত্ত কালি ভাল করিয়া ঢাকিয়া রাখিলে, দুইতিন দিন থাকে।

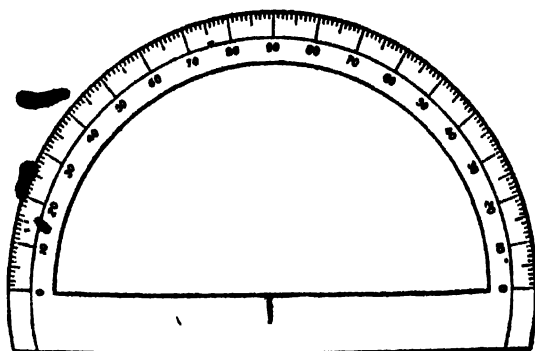
'ইণ্ডিয়ান ইঙ্ক'—ইহা একেবারে ব্যবহারের উপযুক্ত তরল অবস্থায় পাওয়া যায়, ও ইহাকে ঢালিয়া বাহির করিতে হয় না বলিয়া সবসময়েই কালি ভাল থাকে। শুধু পেন-এ কালি ভরিবার সময় শুক্‌নো কাপড় দিয়া সদ্য-শুষ্ক কালির জায়গাটা পরিষ্কার করিয়া, ছিপি শিশির মুখ পর্যন্ত ঢুকাইলে, তাহার তলদেশে লাগান' কচ্‌-কাটা 'কুইল' (quill)-এ যতটা কালি উঠে, তাহা লইয়া পেন-এর মুখে ঠেকাইতে হয়; তখন 'কুইল' (quill) হইতে কালি লাইন-পেন-এ প্রবেশ করে। কালি ভরিবার সময় যদি কোন জায়গায় কালি উপছাইয়া গিয়া লাগিয়া থাকে, তবে তাহা মুছিয়া দিতে হয়। অনন্তর অন্য কাগজের উপরে দুই একবার লাইন-পেনকে টানিয়া, যখন উহা হইতে বেশ কালির রেখা বাহির হইতে থাকে, তখন নক্সায় কালি দেওয়ার কাজ আরম্ভ করা হয়।

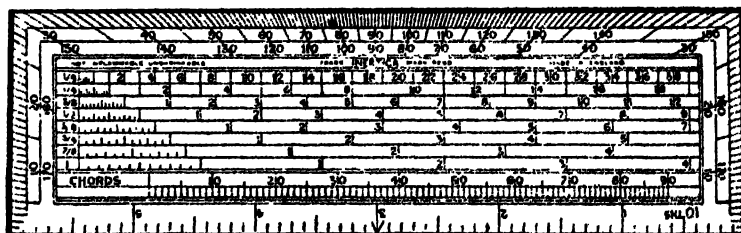
'ইণ্ডিয়ান ইঙ্ক'-এর শিশি
চিত্র নং ৪০

তরল কালি অপেক্ষা-কৃত দ্রুত শুকাইয়া যায়, তাই যতবারই শিশি হইতে কালি বাহির করা যাইবে, ততবারই যেন ছিপিটি দিয়া কালির শিশির মুখটি বন্ধ রাখা হয়; আর কাজ শেষ হইলে, জলে ভাল করিয়া লাইন-পেন-এর মুখের ইস্পাতের 'ঠোঁট' দুইটি ধুইয়া ও শুষ্ক কাপড় দিয়া মুছিয়া, তবে রাখা হয়; নহিলে ইস্পাতের ফলা দুইটিতে মরিচা ধরিয়া ক্ষয় হইয়া যায়।

'চাঁদা' **(Protractor)**—কোণ অঙ্কন করিবার, অথবা মাপিবার জন্য, 'প্রোট্র্যাক্‌টার' বা 'চাঁদা' ব্যবহার করা হয়। ইহা অর্ধ-চন্দ্রাকারও হয় [চিত্র নং 31(*a*)], কিংবা আয়তাকার পাটির মতও হয় [চিত্র নং 31(*b*)]।

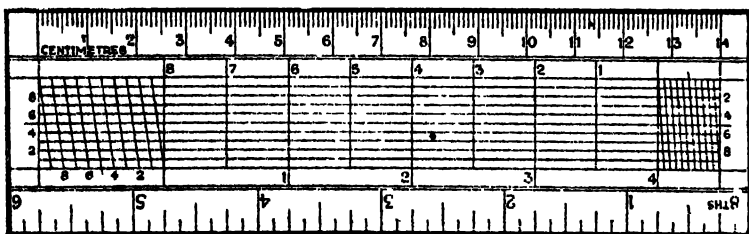
অর্ধ-গোল 'প্রোট্র্যাক্‌টার' বা 'চাঁদা'

চিত্র নং 31(*a*)

ইহাদের গায়ে কোণ (angle)-এর দাগ বসান' থাকে। আয়তাকারগুলি কাঠের, সেলিউলয়েডের, হাতীর দাঁতের কিংবা প্ল্যাস্‌টিকের হইয়া থাকে। অর্ধ-চন্দ্রাকার 'চাঁদা'গুলির প্রায়ই টিনের ; উহাদের ভিতরটা ফাঁক। চাঁদার বাহিরের দিকে যে দাগগুলি থাকে, সেগুলি ডিগ্রির চিহ্ন। চাঁদার নীচের দিকে অবস্থিত AB রেখার টানে রেখা টানিয়া, উহার মাঝখানে যে O-বিন্দু অথবা দাগ-কাটা

আয়তাকার 'চাঁদা'র সম্মুখ পিঠ

চিত্র নং 31(*b*)

মধ্যবিন্দু থাকে, তাহার সহিত ঐ দাগগুলি পর্যন্ত রেখা টানিলে O-P রেখার সহিত যত আনতি হয়, কোণের ডিগ্রি-ও তত। অতএব অর্ধ-বৃত্তকার চাঁদার সাহায্যে কোন রেখার উপর কোন কোণ গঠিত করিতে হইলে, চাঁদার AB-রেখাকে সেই রেখার সহিত মিলাইয়া পাতিত করিতে হয়; এবং যত ডিগ্রি আনতির কোণ প্রস্তুত করিতে হইবে, তত দাগের সম্মুখে খুব সূক্ষ্ম পেন্সিল-প্রান্ত অথবা পিন ধীরে ফুটাইয়া দাগ দিতে হয়; এইবার AB-রেখার মাঝখানে যে তীরের মত, কিংবা O-চিহ্নিত দাগ আছে, সেইখানে একটি পেন্সিল বা পিন দিয়া দাগ দিয়া 'চাঁদা' সরাইয়া ফেলিয়া দুই পিন বা পেন্সিল-ফুটান' দাগের মধ্যে সেট্-স্কোয়্যার দ্বারা রেখা টানিতে হয়। তাহা হইলে উপযুক্ত আনতির কোণ গঠিত হইল।

আয়তাকার চাঁদার নীচের দিকের কিনারাকে কোন রেখার উপরে পাতিয়া, যে বিন্দু হইতে আনত রেখা তুলিতে হইবে তাহা ঐ কিনারার মধ্যভাগে তীর-কাটা দাগের সহিত সমবিন্দুতে রাখিয়া, যত-ডিগ্রি কোণে আনত রেখা তুলিতে হইবে, চাঁদার কিনারায় লেখা তত দাগে পেন্সিল বা পিন দিয়া বিন্দু দাগ দিয়া, চাঁদাকে সরাইয়া ফেলিয়া দুই বিন্দুর মধ্যে সেট্-স্কোয়্যার দিয়া রেখা টানিতে হয়।

আয়তাকার চাঁদায় বিভিন্ন স্কেল থাকে; ইহাতে ইঞ্চকে এবং সেন্টিমিটারকে নানাভাগে ভাগ করা থাকে। চাঁদার নীচের দিকে ইঞ্চও তাহার দশমাংশের স্কেল দেখা যাইতেছে। ইহা ব্যতীত, চাঁদার উল্টা-পিঠে 'ডায়াগোন্যাল-স্কেল',

আয়তাকার 'চাঁদা'-র পিছন পিঠ

চিত্র নং 31(c)

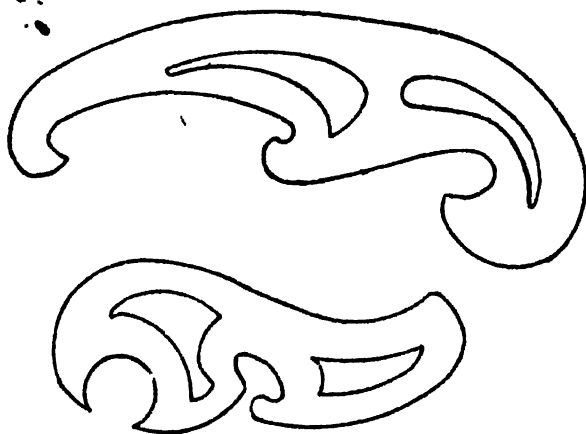
[চিত্র নং 31(c)] এবং চাঁদার সম্মুখদিকে কর্ড-এর স্কেল রহিয়াছে। ইহার বিষয় পরে বলা হইবে।

আয়তাকার চাঁদা দিয়া সরল রেখা প্রভৃতি টানিতে নাই।

'ফ্রেঞ্চ কার্ভ (French curves)—যে-কোন প্রকারের বাঁকা রেখা আঁকিতে হইলে, এই সকল 'কার্ভ' ব্যবহারে বিশেষ সুবিধা হয়। নানা আকারের এবং ছোটবড় নানা ধরণের, কাঠ, সেলিউলয়েড, প্ল্যাস্টিক, এবোনাইট, প্রভৃতির পাতলা চাদর হইতে কাটা 'কার্ভ'গুলির সাহায্যে বক্ররেখা আঁকিলে, পেন্সিলেরই হোক কিংবা কালিতে আঁকা ড্রয়িংই হউক, বেশ সুন্দর দেখায় [চিত্র নং 32]।

মনে কর, কতকগুলি বিন্দু স্পর্শ করিয়া কোন দ্রব্য বা চিত্রের সীমারেখা অঙ্কিত করিতে হইবে। উপযুক্ত মত একটি 'কার্ভ' নির্বাচন করিয়া

ফ্রেঞ্চ কার্ভ

চিত্র নং 32

লইয়া, তাহার কিনারাকে এমনভাবে এদিক-ওদিক কর, যাহাতে অন্ততঃ পর পর তিনটি বিন্দু 'কার্ভের' কিনারার কোন অংশের সঙ্গে ভিড়ে; তখন সেই তিনটি বিন্দু স্পর্শ করিয়া ততটা বক্ররেখা আঁক। এইবার 'কার্ভ-এর কিনারাকে ঘুরাইয়া তাহার পরের দুইটি বিন্দুকে, ও যে-অংশে রেখা টানা হইয়াছে, তাহাদের সমরেখায় আন, ও নূতন দুইটি বিন্দু ছুঁইয়া পূর্বে টানা রেখার সঙ্গে ভিড়াইয়া দাও। অতঃপর আবার দুইটি বিন্দু লও, ও পূর্ব-বর্ণিত প্রথায় বক্ররেখা আরও একটু বাড়াইয়া দাও। এইভাবে অঙ্কন সম্পূর্ণ কর।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কেমন করিয়া অঙ্কনকার্য করিতে হয়

বোর্ডে কাগজ আঁটা—টেবিলের উপরে "ড্রইং-বোর্ড" (Drawing board) রাখিয়া, ও উপযুক্ত উচ্চ স্টুল (stool)-এর উপরে উপবেশন করিয়া, প্রথমে "ড্রয়িং-পিন" (Drawing pin) [চিত্র নং 33] দিয়া ড্রয়িং-কাগজকে বোর্ডের উপরে আঁটিতে হয়। কেহ কেহ এই অবস্থায় বোর্ডকে নিজের কোলের দিকে ঢাল করিয়া রাখেন। আবার কোন কোন বোর্ডের 'পায়া' বা 'খুরা' পিছনদিকে উঁচু ও সুমুখদিকে নীচু করিয়া তৈয়ার করাও থাকে [চিত্র নং 1 দ্রষ্টব্য]। পূর্বে যেমন কাগজের আয়তন দেওয়া হইয়াছে, সেই অনুযায়ী বোর্ড বড় বা ছোট হয়। আয়তাকার বোর্ডের লম্বা-কিনারাটা নিজের দিকে রাখা হয়। এইবার টী-স্কোয়্যারে (T-square)-এর 'মাথা' (head) বোর্ডের বাম-পার্শ্বের গায়ে ঠেসাইয়া, উহার 'ফলা' (blade) লম্বালম্বি ভাবে পাতা হয়; ইহাতে উহার ঢালু দিকটা উপরের দিকে থাকে। এই ঢালু দিকটাই অঙ্কন-কার্যে ব্যবহৃত হয়।

অনন্তর টী-স্কোয়্যারের নীচে ও বোর্ডের উপর কাগজ পাতা হয়। সচরাচর 15″ × 11″ কাগজই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। "ইম্পীরিয়্যাল" সাইজের কাগজ,—যাহা দৈর্ঘ্যে ও প্রস্থে 29″ (বা 30″) × 22″,—তাহাকেই সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া দুইবারে ব্যবহার করা হয়। সুতরাং এইসব কাজে বোর্ডের আয়তন 19″ × 15″, বা ঐ রকম হইলেই চলে; তাহা হইলে বোর্ডের কিনারা হইতে কাগজ পর্যন্ত চারিদিকে দুই ইঞ্চ করিয়া কাঠ বাহির হইয়া থাকিবে। ইহার কিছু এদিক-ওদিক হইলেও কোন ক্ষতি নাই।

টী-স্কোয়্যারের উপরের দিকের ঢালু কিনারাটা 'মাথা'র সঙ্গে ঠিক 90°-করিয়া বসান' বলিয়া, ঐ 'মাথা'কে বোর্ডের বাম প্রান্তে চাপিয়া ধরিয়া টী-স্কোয়্যারকে উপযুক্ত মত উঠাইয়া, কাগজের উপর-মাথা ঢালু কিনারার সমরেখায় আনিয়া, উপরের বাম ও দক্ষিণ কোণে একটি করিয়া 'ড্রয়িং-পিন' (Drawing-pin) (চিত্র নং 33) ডানহাতের বৃদ্ধ অঙ্গুলির চাপে বসাইয়া দাও; অতঃপর কাগজে

টান রাখিয়া উহার নীচের দুই কোণে আর দুইটি পিন বসাইয়া দাও। বড় কাগজ আঁটিবার সময় ছয়টি কিংবা আটটি পিনও ব্যবহার করিতে হইতে পারে।

ড্রইং-পিন (Drawing-pin)—একখানি পিতল, জার্মান সিলভার, কিংবা নিকেল-করা ধাতুর চাকৃতির ঠিক কেন্দ্রদেশে একটি সরু অথচ মজবুত কাঁটা 'বসান' থাকে; এই কাঁটা চাকৃতি ভেদ করিয়া আন্দাজ সিকি ইঞ্চ বাহির হইয়া আসে; ইহার মুখ সূচাল। এই পিনকে যথাস্থানে ধরিয়া রাখিয়া বৃদ্ধাঙ্গুলি দিয়া ছাপ দিলেই উহা বোর্ডের কাঠের মধ্যে প্রবেশ করিয়া কাগজকে আট্‌কাইয়া রাখে। খুলিবার সময় চাকৃতিকে ধরিয়া উপরের দিকে টানিলেই, কিংবা ছুরি ইত্যাদির ফলা দিয়া একটু চাড় দিলেই, উঠিয়া আসে। এরূপ করিবার সময় সতর্ক হইতে হয়, যাহাতে বেশি বাঁকাভাবে চাড় দেওয়া না হয়; এরূপ করিলে পিন বাঁকিয়া গিয়া অকর্মণ্য হইয়া যাইতে পারে। উপরে যে পিনের বর্ণনা দেওয়া হইল, তাহাতে এক অসুবিধা এই হয় যে, ইহার চাকৃতি কিছু উঁচু বলিয়া টী-স্কোয়্যার ও সেট্‌-স্কোয়্যারের কিনারার দিকে বাধা পায়। এইজন্য অনেকে পাতলা ও ছোট ছোট পিন ব্যবহারের পক্ষপাতি।

ড্রইং পিন

চিত্র নং 33

প্রারম্ভিক কার্য—চিত্রকে সুশ্রী করার জন্য প্রথমেই তাহার চারিদিকে সীমারেখা (border) অঙ্কিত করা হয়। চারিধারে আধ ইঞ্চ পরিমাণ কাগজ ছাড়িয়া টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে উপর ও নীচেকার শয়ান সীমারেখা, এবং টী-স্কোয়্যারের উপরে সেট্‌-স্কোয়্যারের দ্বারা দুইপার্শ্বের উর্ধ্বাধঃ সীমা-রেখা পেন্সিল দ্বারা অঙ্কন করিয়া এক 14" × 10" ইঞ্চ আয়তক্ষেত্র গঠন করা হয়। কাগজের নীচের ডানদিকে সীমারেখার বাহিরে এই আধ ইঞ্চ জায়গার মধ্যে নিজ নিজ নাম লিখিতে হয়। ইহারও ভিতরে আবার প্রত্যেক পাশে সমপরিমাণ কাগজ ছাড়িয়া দিয়া যে 13" × 9" ইঞ্চ কাগজ বাকী থাকে, তাহারই উপরে চিত্র সকল অঙ্কিত করা হইয়া থাকে। তবে শেষের এই আধ ইঞ্চ করিয়া কাগজ ছাড়ার সম্বন্ধে হয়ত মতভেদ থাকিতে পারে, কিন্তু নক্সার সীমারেখা (border)-এর বাহিরে অন্ততঃ আধ ইঞ্চ করিয়া কাগজ রাখিতেই হয়।

চিত্রগুলি এমনভাবে আঁকিতে হইবে, যাহাতে সম্পূর্ণীত নক্সা একখানি ছবির মত সুদৃশ্য হয়; তাহাদের সমস্ত রেখা সুস্পষ্ট ও সুনির্দিষ্ট, ফুটকি ফুটকি রেখাগুলির মধ্যের ফাঁক সমপরিমাণ ও যত্নসহকারে টানা, অক্ষর ও সংখ্যাগুলি ছাপার হরফ ও ছাপার সংখ্যার মত সুন্দর, তাহার উপর যাহা কিছু বিবরণী কিংবা [illegible] থাকিবে সে সমস্তই ছাপার হরফের মত,—এক কথায়, এ বিষয়ে বিশেষ যত্ন ও অধ্যবসায় অপরিহার্য। মনে রাখিতে হইবে, "শুধু হাতে" (free-[illegible]) পারতপক্ষে কোন চিত্রের কোন অংশ আঁকা চলিবে না; পরিশ্রম লাঘবের চেষ্টা করিয়া কোন কিছু "শুধু হাতে" আঁকিতে চেষ্টা করিলে, (বিশেষতঃ ছাত্রদে[illegible] ক্ষেত্রে), নক্সার সৌন্দর্য নষ্ট হইয়া যাওয়ার আশঙ্কা খুবই বেশি।

জ্যামিতিক চিত্র অঙ্কনের সময়, প্রথমেই কাগজখানিকে পেন্সিলের দ্বারা উপযুক্ত মত ছয়টি কিংবা আটটি সমান আয়তক্ষেত্রে ভাগ করিয়া, তাহার প্রত্যেক ভাগের মধ্যে একটি করিয়া চিত্র অঙ্কিত করিলে সমবেত চিত্র সুদৃশ্য হয়। ইহা করিতে হইলে, প্রথমে টী-স্কোয়্যারের সাহায্যে 14" × 10" (কিম্বা 13" × 9" ইঞ্চ) আয়ত ক্ষেত্রের মধ্য দিয়া একটি শয়ান (horizontal) রেখা টানিয়া, তাহাকে উপর-নীচে লম্বালম্বি দুই সমান ভাগে ভাগ করিয়া লইতে হয়। ইহাকে ইংরাজীতে centre line; (বাংলায় "অক্ষ-রেখা" বা "কেন্দ্র-রেখা") বলে। তাহার পরে টী-স্কোয়্যারের উপরে সেট্-স্কোয়্যার বসাইয়া আবশ্যক মত তিন অথবা চার সমান অংশে ভাগ করিলেই কাগজখানিতে ছয় কিংবা আট সমান অংশ হইল। ইহারই এক একটি অংশের মধ্যে এক একটি চিত্র অঙ্কন করা হয়। পেন্সিল দিয়া সব চিত্র অঙ্কিত করা হইয়া গেলে পর, তাহাতে কালি দিতে হয়।

কালি দেওয়া, ও রেখার প্রকার-ভেদ—পেন্সিলে অঙ্কিত চিত্রে কালি দেওয়ার পূর্ব হইতে লাইন-পেন (line-pen), বো-কম্পাস (Bow-compasses) প্রভৃতির ব্যবহারে হাত অভ্যস্ত করিয়া লওয়া উচিত; নহিলে চিত্রে কালি গড়িয়া উহাকে অব্যবহার্য করিয়া ফেলিতে পারে। এই কার্যে পারদর্শী হইতে হইলে, অগ্রে টী-স্কোয়্যারের সহিত লাইন-পেন ব্যবহার করিয়া সহজভাবে পরিষ্কার অনুভূমিক সরলরেখা, টী-স্কোয়্যার ও সেট্-স্কোয়্যারের

সাহায্যে লম্বভাবে ঊর্ধ্বাধঃ রেখা, তীর্যক্ সমান্তরাল রেখা,—এইরূপে পেন্সিলে অঙ্কিত নানাবিধ সহজ সহজ রেখাচিত্রে কালি বুলান' অভ্যাস করিলে ভাল হয়। ইহা ব্যতীত, পেন্সিলে আঁকা রেখাগুলি যে বিন্দু হইতে আরম্ভ হইয়া ঠিক যে বিন্দুতে শেষ হইয়াছে, কালির রেখাও যেন ঠিক ততদূর আসে। রেখাগুলি কতটা মোটা হইবে, তাহা কালি দিতে আরম্ভ করিবার পূর্বেই, কলমের মুখের দুই 'ঠোঁট'কে যে সেট্-স্ক্রু দিয়া এক-করা থাকে, অঙ্গুষ্ঠ ও তর্জনীর দ্বারা তাহাকে দক্ষিণে অথবা বামে ঘুরাইয়া ঠোঁট দুইটির মধ্যের ফাঁক কম-বেশি করিয়া লইয়া, যে-জাতীয় কাগজে কালি দিতে হইবে সেই জাতীয় অন্য এক খণ্ড কাগজের উপরে রেখা টানিয়া বার বার পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয় কালির রেখা অভিপ্সীতরূপ মোটা কিংবা সরু হইয়াছে কিনা। লাইন-পেন ব্যবহারের সময় কাগজের উপরের কলমের চাপ যেন বরাবর সমভাবেই থাকে, অথচ বেশি না হয়। ড্রয়িং-এর কালি বড় শীঘ্র শুকাইয়া যায়। আবার কখন কখন কলমে কালি থাকা সত্ত্বেও কলম হইতে কালি সহজে সরে না; এমন হইলে অঙ্গুলি জলে ভিজাইয়া কলমের ঠোঁট দুইটি স্পর্শ করিতে হয়, কিংবা যেখানে কালি থাকে তাহার ভিতর দিয়া সরু সূচ, নিব, কাগজের টুক্‌রা প্রভৃতি সন্তর্পণে চালাইয়া ডগা দিয়া বাহির করিয়া আনিতে হয়। সে সময় কলমকে কাগজের উপর হইতে একপাশে সরাইয়া লইতে হয়, নহিলে কাগজে কালির ছিটা পড়িতে পারে। অনন্তর আবার কালির রেখা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়া লইতে হয়। কলমে যেন এককালে বেশি করিয়া কালি ভরা না হয়; ইহাতে কাজ করিতে আরম্ভ করিবার সময় কলমের পাশ দিয়া কালি কাগজের উপরে পড়িয়া যাইতে পারে; অন্যদিকে আবার, রেখাটি যত লম্বা ও মোটা হইবে, এক টানে যেন ততটা পর্যন্ত কলম টানিবার পূর্বেই কালি ফুরাইয়া না যায় তাহাও দেখিতে হইবে। শয়ান রেখা সম্পূর্ণ হওয়ার পূর্বেই কালি ফুরাইয়া গেলে, পুনরায় কালি ভরিয়া সেই রেখাকে বর্ধিত করা কঠিন। কলমের কালি জমিয়া যাওয়ার আগেই উহা হইতে কালি মুছিয়া, কিংবা কলমের ডগার ভিতরদিকে কালি জমাট হইয়া গিয়াছে বুঝিতে পারিলেই, তাহা খুলিয়া পরিষ্কার করিয়া লইতে হয়।

কালি দিবার সময় কলমকে এমনভাবে ধরিতে হয়, যাহাতে সেট্-স্ক্রুটি বাহিরের দিকে থাকে, এবং বাঁদিক হইতে ডানদিকে রেখা টানিবার সময়

উহা ডানদিকে ঈষৎ হেলান' থাকে, লম্বা ঊর্ধ্বাধঃ রেখা টানিবার সময় নীচের দিকে ঈষৎ হেলান' থাকে। কিন্তু কলমকে বেশি হেলাইলে তখনি কালি গড়াইয়া পড়িয়া যায়।

নক্সা আঁকিবার সময় বিভিন্ন প্রস্থের (width) রেখা টানিতে হয়; আবার কলম পরিষ্কার করিবার সময় সেট্-স্ক্রু খুলিয়া ফেলিয়া পুনরায় নূতন করিয়া আঁটিয়া কালি ভরিতে হয়; সেইজন্য যে প্রস্থের রেখা টানা চলিতেছে, প্রথমেই তাহার একটা নমুনা রাখা অপরিহার্য; নহিলে পূর্বের ও পরের রেখাগুলির প্রস্থের পার্থক্য হওয়া অবধারিত।

এই স্থলে উল্লেখ করা আবশ্যক যে, কালি দিবার সময় প্রথমেই যতগুলি বৃত্ত কিংবা বৃত্তাংশ থাকে, তাহাতে কালি দিতে হয়; নহিলে বৃত্তাংশের সঙ্গে ঠিক খাপ্ খাওয়াইয়া কালির সরলরেখা অঙ্কন করা দুষ্কর। ইহাতে সমস্ত চিত্রের শোভা একেবারে নষ্ট হইয়া যায়।

বিভিন্ন প্রকারের রেখা আছে, আবার তাহার তাৎপর্যও আছে। যেমন অক্ষরেখা (centre line), ড্রয়িং কাগজের কিনারার রেখা (border line), সম্পাদ্য চিত্রের সীমা-রেখা বা পরিধি (contour) ইত্যাদি, ইত্যাদি। যদিও এই রেখা সকলের প্রস্থের মাপ নক্সা ছোটবড়-ভেদে কিছু তারতম্য হইতে পারে, তবু সাধারণতঃ নীচের নমুনাগুলিতে দেওয়া মাপ সাধারণতঃ ঐ প্রকারই হইয়া থাকে এবং ইহাই অনুমোদিত :—

ইংরাজী নাম	প্রস্তাবিত বাংলা নাম	আনুমানিক প্রস্থ	প্রচলিত চিহ্ন
		সূক্ষ্মরেখা	
1. *Guide line,* *Projection line* *Construction line*	নিয়ন্ত্রক রেখা প্রক্ষেপ রেখা অংকন রেখা	$\frac{1}{200}$"(0·005") =0·15 m.m (আন্দাজ)	- - - - - - - -
2. *Centre line*	অক্ষ- বা কেন্দ্র-রেখা	ঐ	—·—·—·— — — — —
3. *Section line*	খণ্ডন- বা ছেদ রেখা	ঐ	////////*
4. *Dimension line &* *Extension line*	মাপাংক রেখা বর্ধন রেখা	ঐ	|←— —→|
5. *Long break line*	দীর্ঘ বিচ্ছিন্ন রেখা	ঐ	——⌇——⌇——
		মাঝারী রেখা	
6. *Hidden line*	ঢাকা পড়া রেখা	$\frac{1}{100}$"(0·01") 0·25 m.m.	- - - - - - - -
7. *Cutting line*	কর্তন বা ছেদন রেখা	ঐ	—··—··—
8. *Short break line*	হ্রস্ব বিচ্ছিন্ন রেখা	ঐ	∿∿∿
		স্থুলরেখা	
9. *Ground line*	ভূমি রেখা	$\frac{1}{40}$"(0·25") 0·65 m.m.	———
10. *Border line*	সীমা রেখা		▬▬▬

* সাধারণতঃ ভূমিরেখার সহিত 45° ডিগ্রি অবনতিতে।

চিত্র নং 34

চতুর্থ পরিচ্ছেদ.

অক্ষর মুদ্রণ (Lettering)

ড্রয়িং-এর কার্যে কোথাও "হাতের লেখা" ব্যবহার করিতে নাই, একথা পূর্বে বলা হইয়াছে ; যাহা কিছু লিখিতে হইবে, সমস্ত "ছাপার" অক্ষরে ; এবং যত সংখ্যা বা অঙ্ক (যেমন মাপের অঙ্ক) লিখিতে হইবে, তাহাও ছাপার অক্ষরে। তেমনি, মাপ দেখাইবার তীরের ফলাগুলি (arrow heads)-ও সুন্দরভাবে দিতে হয়। কেননা, সংখ্যা অথবা অক্ষর-লেখা, কিংবা তীরের ফলা আঁকার তাচ্ছিল্যের জন্য সুন্দরভাবে অঙ্কিত চিত্রও দেখিতে অতি বিশ্রী লাগে। কেমনভাবে তীরের ফলা আঁকিতে হয় তাহা পুস্তকের শেষে দেওয়া হইয়াছে।

ঠিক কিভাবে লেখাগুলি মুদ্রিত করিতে হইবে, তাহার কোন নির্দিষ্ট নিয়ম নাই ; ইহা নক্সাকর (draughtsman)-এর পছন্দমত। তবে এক নক্সায় একই ধরণের অক্ষর ও সংখ্যা মুদ্রিত করাই নিয়ম। লেখাগুলিকে কাগজের আয়তনের সহিত সামঞ্জস্য রাখিয়া বড়, মাঝারি বা ছোট করিতে হয়,—যাহাতে সম্পূর্ণ চিত্রের সৌন্দর্য বৃদ্ধি হয়। লেখার ছাঁদ (style) অনেক রকমের হইয়া থাকে।

ব্লক প্রিণ্টিং (Block printing)—এইগুলি শিরোনাম প্রভৃতির জন্য ব্যবহৃত হয়, ও ইহারা "বড় হাতের" লেখা (Capital Letters)। এ অক্ষরগুলির আবার ছাঁদ-ভেদে প্রকারভেদ আছে ; যথা :—(1) সাত-পাঁচ ঘরের ব্লক অক্ষর, (2) পাঁচ-পাঁচ ঘরের ব্লক অক্ষর, (3) খাড়া 'গথিক' অক্ষর (Vertical Gothic Letters), (4) হেলান' 'গথিক' অক্ষর (Inclined Gothic Letters), (5) খাড়া 'রোম্যান' অক্ষর (Vertical Roman Letters), (6) হেলান' 'রোম্যান' অক্ষর (Inclined Roman Letters)।

ইহা ছাড়া আবার "ছোট হাতের" (Small or Lower-case Letters)-ও আছে। সেগুলি এই :

(1) খাড়া 'গথিক' ছোট হাতের লেখা (Vertical Gothic Lower-case Letters) ; (2) হেলান' 'গথিক' ছোট হাতের লেখা (Inclined Gothic Lower-case Letters) ; (3) খাড়া 'রোম্যান' ছোট হাতের লেখা (Vertical Roman

Lower-case Letters) ; (4) হেলান' 'রোম্যান' ছোট হাতের লেখা (Inclined Roman Lower-case Letters)। ইহাদের সঙ্গে আবার সংখ্যাও আছে।

বড় হাতের লেখার নমুনা ঃ

(1) সাত-পাঁচ ঘরের বড় অক্ষর ও সংখ্যা—

চিত্র নং 35

[$\frac{1}{10}''$ ইঞ্চ ব্যবধানে] আটটি সমান্তরাল অনুভূমিক রেখা আল্‌গা আল্‌গা ভাবে পেন্সিলে টানিয়া, অনুরূপ ব্যবধানে ক্রমান্বয়ে উর্দ্ধাধঃ রেখা টানিয়া চৌকা চৌকা ঘর করিলে ইহাতে উর্দ্ধাধঃভাবে সাতটি ঘর হইবে। এইবার এক-একটি অক্ষরের জন্য বাম হইতে দক্ষিণ দিকে পাঁচটি করিয়া রেখা, এবং দুই পাশাপাশি অক্ষরের মধ্যে দুইটি করিয়া ঘর ছাড় রাখ। কেবল "আই" (I) লিখিবার জন্য দুইটি রেখা, (মাত্র একটি ঘর), এবং M ও W লিখিবার জন্য ছয়টি করিয়া রেখা ধরিতে হয়। পরে সেট্-স্কোয়্যার দিয়া সরল রৈখিক অংশ, ও কম্পাস দিয়া কোণগুলি গোল করিয়া কালি দিয়া ভরাট করিয়া, পেন্সিলের ঘরগুলি মুছিয়া দিতে হয়। কালি দিবার সময় বৃত্তাংশগুলিকে প্রথমে কালি দিতে হয়।

(2) **পাঁচ-পাঁচ ঘরের বড় হাতের অক্ষর ও সংখ্যা—**

ইহাতেও [$\frac{1}{10}$" ইঞ্চ ব্যবধানের] **ছয়টি** সমান্তরাল অনুভূমিক **রেখা**, ও অনুরূপ ব্যবধানে ঊর্ধ্বাধঃরেখা সকল টানিয়া চৌকা চৌকা ঘর করিয়া, এক-একটি অক্ষরের জন্য বাম হইতে দক্ষিণে পাঁচটি করিয়া **রেখা**, ও দুই [illegible] মধ্যের ফাঁকের জন্য দুইটি করিয়া ঘর ছাড়িতে হয়।

চিত্র নং 36

2(*a*) এইরূপ **আট** ঘরের বড় অক্ষর আছে ; ইহার নমুনা এবং ছাঁদের বিশেষত্ব নং 37 চিত্রে দেখান, হইল :—

চিত্র নং 37

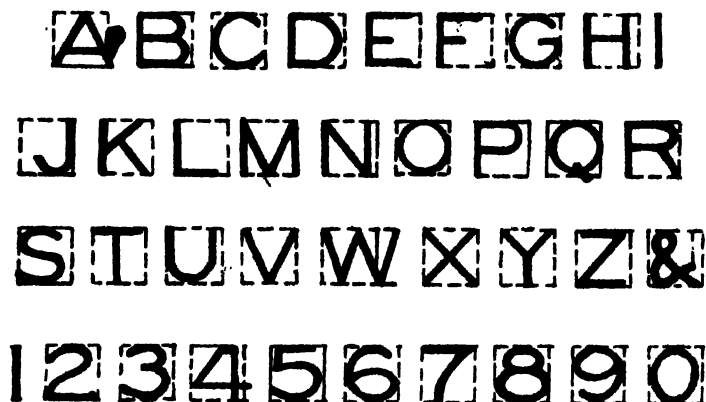
(৩) খাড়া "গথিক" অক্ষর ও সংখ্যা—

এই পদ্ধতি অনুসারে অক্ষরগুলির উচ্চতা যত, তাহার অনুপাতে দৈর্ঘ্য 0·9 হইতে 0·92-আন্দাজ হইয়া থাকে। ইহাতে "A"-র সূচ্যগ্র মাথা ও "J", "V"-র নীচেটা, এবং C, G, O, Q, S,—ইহাদের উপর ও নীচের অন্যান্য অক্ষর ছাড়াইয়া সামান্য একটু বড় করিয়া লেখা হয়, নহিলে নজরে ঐগুলি সামান্য ছোট দেখায়। অক্ষরের নমুনা :—

A B C D E F G H I

J K L M N O P Q R

S T U V W X Y Z &

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

খাড়া "গথিক" অক্ষর

চিত্র নং ৩৪

অক্ষরগুলির মোটামুটি অনুপাত

[অক্ষরের উচ্চতা = 1 (একক) বলিয়া গ্রহণ করিয়া]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
উপরের বিস্তার	—	·9	·93	·93	·87	·87	·93	·87	·07	·07	·87	·07	1·1
নীচের বিস্তার	1·1	·97	·97	·93	·87	·07	·87	·07	·07	·77	·98	·77	1·1

	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
উপরের বিস্তার	·93	1	·87	1	·93	·87	·93	·93	1	1·46	·97	·93
নীচের বিস্তার	·98	গোল 1	·07	গোল 1	·97	·93	·07	গোল ·93	–	·73	[illegible]	·07

	Z	&	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
উপরের বিস্তার	·87	·47	·07	·8	·77	·33	·77	·83	·93	·77	·93	·93
নীচের বিস্তার	·87	·93	·07	·93	·93	·83	·93	·93	·07	·97	গোল	গোল

কিন্তু এত ধরাকাট করিয়া বড় কেউ লিখে না, তাহার বদলে নং 39 চিত্রে প্রদর্শিত প্রথাই সবিশেষ প্রচলিত। ইহাতে A, C, G, M, N, O, Q, S, এই অক্ষরগুলির ঊর্ধ্বাধঃ দৈর্ঘ্যকে যদি 'L' ধরা যায় তবে অন্য অক্ষরগুলির ঊর্ধ্বাধঃ

ABCDEFGHIJKLMN
OPQRSTUVWXYZ
1234567890 & 7$\frac{5}{8}$

খাড়া "পথিক" অক্ষর

চিত্র নং 39

দৈর্ঘ্য $\frac{9}{10}$L হয়; আর J, U, V,—এই কয়টি অক্ষরের নীচের দিক একটু বাড়িয়া থাকে। চিত্র নং 39 দেখিলে ইহা স্পষ্ট বোধগম্য হইবে।

(4) বড় হাতের হেলান' "গথিক" অক্ষর—

খাড়া "গথিক" অপেক্ষা হেলান' "গথিক"-এর সুবিধা এই যে, লিখিবার সময় যদি ইহাদের মধ্যে আনতির সামান্য তফাৎ-ও হয়, তবে তাহা ততটা নজরে ধরা পড়ে না। তবে যে-সব অক্ষর একেবারে সরলরেখা দ্বারা গঠিত নহে,—যেমন, B, C, G, J, O, Q, U, প্রভৃতি,—সেগুলি শুধুহাতে সুশ্রীভাবে লিখিতে একটু অভ্যাসের [illegible] করে। কিন্তু আর একপ্রকার হেলান' "গথিক" অক্ষর আছে, তাহাতে উপরের অসুবিধা নাই ; এগুলি বহুলাংশেই সরলরেখার দ্বারা গঠিত, কেবল কোণগুলি হাতে করিয়া লেখা হয়। এজাতীয় অক্ষরের চলন খুব বেশি।

ABCDEFGHIJKLMN
OPQRSTUVWXYZ
1234567890 & $7\frac{5}{8}$.

হেলান' "গথিক" অক্ষর
চিত্র নং 40

এইভাবে লিখিবার সময় অনেকে আবার কোন কথার প্রথম অক্ষরটি অন্যগুলি অপেক্ষা একটু বড় করিয়া লিখেন, যথা—"COMBINATION" ; ইহাতে প্রথম অক্ষর C-টি যত বড় হইবে, বাকীগুলি তাহার $\frac{3}{4}$ হইয়া থাকে। ইহাতে সকল অক্ষরের আনতিই সমান হয়, এবং তাহা 60°-ডিগ্রি হইতে 70°-ডিগ্রির মধ্যে রাখা হয়। অন্য সব অক্ষর 60°-ডিগ্রি আনতি হইলে, "A" লিখিবার সময়, প্রথমে 60°-ডিগ্রির এক রেখা টানিয়া, যে বিন্দুতে ঐ রেখা উপরের নিয়ন্ত্রক রেখা (Guide line)-কে স্পর্শ করিবে, অগ্রে সেই বিন্দু হইতে একটি লম্ব-পাত করিয়া নীচের নিয়ন্ত্রক রেখা পর্যন্ত টানিতে হয় ; (ইহা "A"-র ডানদিকের পাদ) ; এবং এই রেখা, পূর্বে অঙ্কিত 60°-ডিগ্রি রেখা হইতে, নীচের দিকে যতটা ডানদিকে আছে, ততটা দূরে, বামদিকে এক বিন্দু লইয়া, হইতে উপরের নিয়ন্ত্রক রেখা ও 60°-ডিগ্রির রেখার মিলন-বিন্দু পর্যন্ত আর এক রেখা টানিলে, তাহা A-র বামপাদ হইবে ; আর মাঝের "পেট-কাটা" শয়ান-রেখা দুই নিয়ন্ত্রক রেখার অর্ধেকেরও একটু নীচে হইবে। "V" লিখিতে উল্টা "A" লিখিতে হয়।

ছাঁদ। ইহার দ্বারাও সুন্দরভাবে লেখা ও শিরোনামের কাজ সম্পন্ন হয়। লক্ষ্য করিতে হইবে, কি বড় আর কি ছোট-হাতের অক্ষরগুলিতে বাংলা অক্ষরের মত মাত্রা দেওয়া থাকে। 44 ও 45 নং চিত্রে ইহার ও সংখ্যার নমুনা দেওয়া হইল।

অক্ষর মুদ্রণের প্রথা—"ছোট-হাতের" ছোট ছোট অক্ষর মুদ্রণের সময় সাধারণতঃ উপযুক্ত আকারের অক্ষরের জন্য দুইটি নির্দেশ-রেখা (guide lines) পেন্সিল দিয়া টানিয়া, (এবং আবশ্যক বিবেচনা করিলে, হেলান' অক্ষরের বেলা 60° হইতে 70° ডিগ্রির মধ্যে মাঝে মাঝে হেলান' রেখাসকল হাল্কা-ভাবে পেন্সিলের দ্বারা দাগ দিয়া), একেবারে কালি দিয়াই তাহা মুদ্রিত করা হইয়া থাকে ; অনভিজ্ঞদিগের পক্ষে, প্রথমে হাল্কা-ভাবে পেন্সিলে লিখিয়া, তাহার উপরে ধীরতার সহিত কালি দিয়া মুদ্রিত করাই বিধি ; আর যখন শিরোনাম প্রভৃতি মুদ্রিত করিতে হয়, তখন ঐগুলি প্রথমে মানান মত করিয়া পেন্সিলে লিখিয়া, তাহার পরে, লাইনিং-পেন (lining-pen) এবং কম্পাসের সাহায্যে কালি দিয়া অক্ষরগুলির বাহিরের রেখাগুলি সযত্নে টানিয়া, অবশেষে সূক্ষ্ম তুলির দ্বারা কালি দিয়া সাবধানে উহা ভরাট করিয়া দিয়া, কালি শুকাইলে, পেন্সিলের দাগগুলি ভাল করিয়া মুছিয়া দিতে হয়।

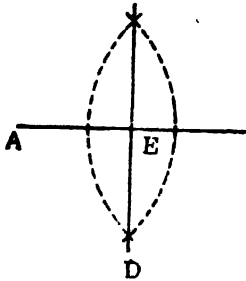
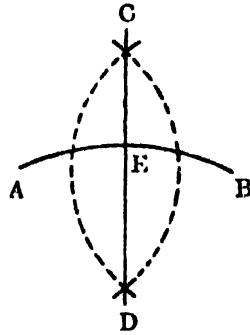
পঞ্চম পরিচ্ছেদ

রেখা ও কোণকে দ্বিখণ্ডিত করা

(Bisecting Lines and Angles)

কোন রেখাকে দুই সমান-ভাগে ভাগ করা

কোন এক রেখা AB অঙ্কিত কর; ইহা সরল কিংবা বক্র দুইই হইতে পারে

আন্দাজ-মত কম্পাসকে AB-রেখার অর্ধেকের বেশি ফাঁক করিয়া লইয়া,

সরলরেখাকে সম-দ্বিখণ্ডিত করা
চিত্র নং 46 (i)

বক্ররেখাকে সম-দ্বিখণ্ডিত করা
চিত্র নং 46 (ii)

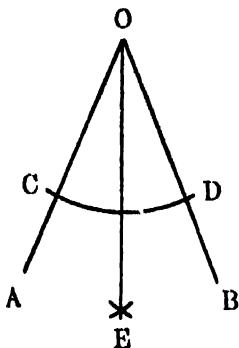
প্রথমে A-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া একটি চাপ (arc) অঙ্কিত কর, ও তাহার পরে B-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া, অন্য একটি চাপ (arc) অঙ্কিত কর। মনে কর, ঐ দুই চাপ (arcs) C ও D বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করিতেছে। এইবার C ও D-বিন্দুদ্বয় এক সরল রেখার দ্বারা যোগ কর।

তাহা হইলে AB-রেখা E-বিন্দুতে সম-দ্বিখণ্ডিত হইল।

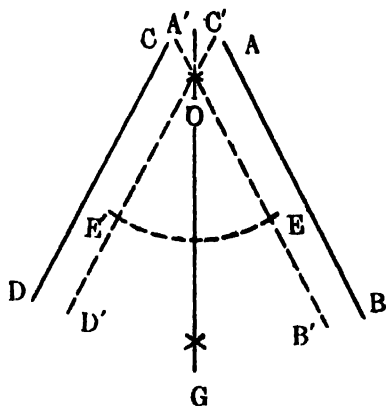
দ্রষ্টব্য: এক্ষেত্রে CE-রেখা AB-রেখার উপরে লম্ব-ভাবে (perpendicularly) আপতিত হইবে। এইভাবে কোন রেখার উপরে লম্ব (perpendicular) অঙ্কিত করা যায়।

কোন কোণকে দুই সমান-ভাগে ভাগ করা

(i) যখন কোণের দুই বাহু একই বিন্দুতে মিলিত হয়ঃ

মনে কর, AOB-কোণকে সম-দ্বিখণ্ডিত করিতে হইবে। O-কে কেন্দ্র করিয়া, OA-বাহু অপেক্ষা কিছু কম ফাঁক করিয়া CD-চাপ (arc) অঙ্কিত কর। এইবার, একবার C-কে কেন্দ্র করিয়া, ও তাহার পরে D-কে কেন্দ্র করিয়া, দুইটি চাপ আঁক; মনে কর, তাহারা পরস্পরকে E-বিন্দুতে ছেদ করিতেছে। O ও E-বিন্দুদ্বয় এক সরল-রেখার দ্বারা যোগ কর। ইহা করিলে AOB-কোণ DE-রেখার দ্বারা সম-দ্বিখণ্ডিত হইল।

যখন কোণের দুই বাহু একই বিন্দুতে মিলিত হয়
চিত্র নং 47 (i)

(ii) যখন কোণের দুই বাহু একই বিন্দুতে মিলিত হয় নাঃ

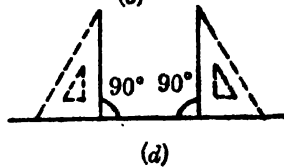
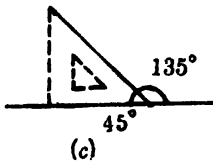
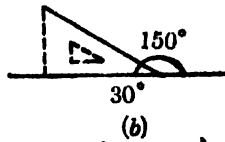
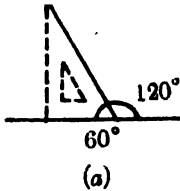
কোণের দুই বাহু AB ও CD অঙ্কিত করিয়া, সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে উহাদের উভয়ের সমান্তরালে A′B′ ও C′D′ রেখা দুইটি এমনভাবে আঁক, যাহাতে উহারা O-বিন্দুতে মিলিত হয়। এইবার E′-E-চাপ আঁক, ও G-বিন্দু নির্ধারণ কর। O-G যোগ কর। তাহা হইলে অলব্ধ কোণকে দ্বিখণ্ডিত করা হইল।

যখন কোণের দুই বাহু একই বিন্দুতে মিলিত হয় না
চিত্র নং 47 (ii)

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে, এবং অন্য উপায়ে, বিভিন্ন কোণ অঙ্কন করা

(Drawing of different Angles by means of Set-squares, and Constructions)

(i) সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে কোণ অঙ্কন করা :

ড্রয়িং বোর্ডের উপরে কোন অনুভূমিক বা শয়ান রেখা (horizontal line) অঙ্কিত করিয়া, তাহার সঙ্গে (ক) 60°-30° সেট্-স্কোয়্যারের 60°-ডিগ্রি কোণের বাহু ভিড়াইয়া অতিভুজ (hypotenuse) ছুঁইয়া রেখা টানিলে কোণটি 60°, ও বড়টি (180° - 60° =) 120° ডিগ্রিতে অঙ্কিত করা হইবে [চিত্র নং 48(*a*)]

সেট্-স্কোয়্যারের সাহায্যে কোণ অঙ্কন
চিত্র নং 48

(খ) 60° - 30° সেট্-স্কোয়্যারের 30°-ডিগ্রি কোণের বাহু টি-স্কোয়্যারের সঙ্গে ভিড়াইয়া অতিভুজ (hypotenuse) ছুঁইয়া রেখা টানিলে, শয়ান রেখার সহিত ছোট কোণটি 30°, ও বড়টি (180° - 30° =) 150° ডিগ্রিতে অঙ্কিত করা হইবে [চিত্র নং 48(*b*)]।

(গ) 45°-সেট্-স্কোয়্যারের যে-কোন বাহু ভিড়াইয়া অতিভুজ (hypotenuse)

ছুঁইয়া রেখা টানিলে ছোট কোণটি 45°, ও বড়টি (180° − 45° =) 135° ডিগ্রিতে অঙ্কিত করা হইবে [চিত্র নং 48(*c*)]।

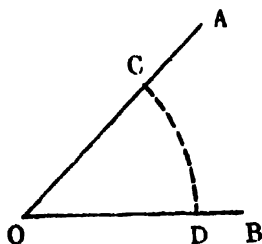
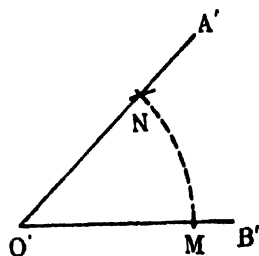
(ঘ) যে-কোন সেট্-স্কোয়্যারের 90°-কোণকে ছুঁয়াইয়া খাড়া রেখা টানিলে উহা ঐ অনুভূমিক রেখার উপর লম্ব-ভাবে (perpendicularly) হইবে [চিত্র নং 48(*d*)]।

(ii) চাঁদা বা 'প্রোট্র্যাক্টার'-এর সাহায্যে যে-কোন কোণ অঙ্কন করা :

('প্রোট্র্যাক্টার' বর্ণনা করার সময় ইহা বিস্তার করিয়া বলা হইয়াছে।) [চিত্র নং 31(*a*) & (*b*)]

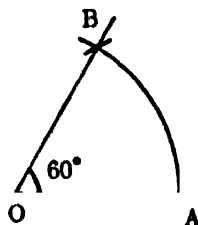
(iii) অঙ্কনের সাহায্যে কোণ অঙ্কিত করা (by construction) :

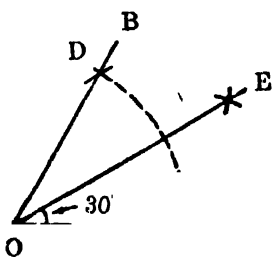
(ক) **কোন কোণের সমান করিয়া এক কোণ অঙ্কিত করা :**

মনে কর, AOB-কোণের সমান করিয়া কোন কোণ অঙ্কিত করিতে হইবে ; এখন O-কেন্দ্র হইতে যে-কোন ব্যাসার্ধ-OC লইয়া কম্পাসের সাহায্যে এক চাপ (arc) অঙ্কিত কর [চিত্র নং 49(i)] ; মনে কর উহা OB-ভুজকে D-বিন্দুতে ছেদ করিল।

চিত্র নং 49 (i)

চিত্র নং 49 (ii)

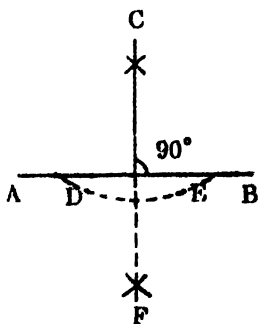
এইবার অন্যত্র O′B′-রেখা টান [চিত্র নং 49(ii)]। O′-বিন্দু হইতে OD-ব্যাসার্ধের সমান করিয়া এক চাপ 'MN' অঙ্কিত কর। কম্পাসকে DC-র সমান ফাঁক করিয়া লইয়া M-বিন্দু হইতে সদ্য অঙ্কিত চাপকে N-বিন্দুতে ছেদ কর ; O′N-রেখা টান। এখন A′O′B′-কোণ AOB-কোণের সমান হইবে।

(খ) কোন এক নির্দিষ্ট ডিগ্রির কোণ অঙ্কন করা :

(i) **60°-ডিগ্রি কোণ :**—যে-কোন ব্যাসার্ধ OA লইয়া একটি চাপ (arc) অঙ্কিত কর (চিত্র নং 50), ও সেই ব্যাসার্ধ দিয়াই চাপকে ছেদন কর ; যে (B)-বিন্দুতে চাপ ছেদিত হইল, সেই বিন্দু ও O-বিন্দুর মধ্যে এক সরলরেখা টানিলে ∠BOA = 60°-ডিগ্রি হইবে।

চিত্র নং 50

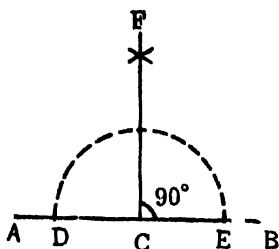
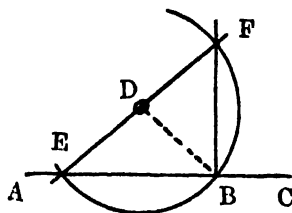
(ii) **30°-ডিগ্রি কোণ :**— 60-°ডিগ্রি কোণ = BOA অঙ্কিত করিয়া, যে-কোন ব্যাসার্ধ লইয়া DC-চাপ অঙ্কিত কর (চিত্র নং 51) ; এইবার, একবার C-কে কেন্দ্র করিয়া, ও একবার D-কে কেন্দ্র করিয়া, চাপ আঁকিয়া পরস্পরকে E-বিন্দুতে ছেদ কর। (কোণকে দ্বিখণ্ডিত করিবার প্রক্রিয়া)। এখন O এবং E বিন্দুদ্বয় দিয়া রেখা টানিলে EOC-কোণ 30°-ডিগ্রি হইবে।

চিত্র নং 51

(iii) **90°-কোণ, [সমকোণ বা লম্ব (Right-angle or Perpendicular)] :**

(ক) যে-কোন বিন্দু C হইতে কোন রেখা AB-র উপরে লম্ব পাতিত করিতে হইবে। যদি ঐ লম্বপ্রদত্তরেখার মাঝখান-বরাবর হয়, তবে, ঐ C-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এমন ব্যাসার্ধ লইয়া এক চাপ অঙ্কিত কর (চিত্র নং 52), যাহা রেখাটিকে D ও E এই দুই স্থানে ছেদ করে ; এইবার, একবার D-কে কেন্দ্র করিয়া, এবং অন্যবার E-কে কেন্দ্র করিয়া চাপ অঙ্কিত

চিত্র নং 52

করিয়া পরস্পরকে F-বিন্দুতে ছেদ কর ; C ও F যোগ কর। ঐ CF রেখা AB-রেখার সহিত 90°-ডিগ্রি কোণ উৎপন্ন করিবে,—অর্থাৎ উহার লম্ব হইবে।

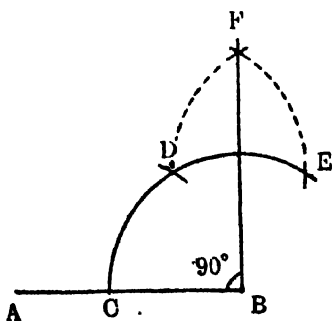
(খ) যদি কোন রেখার উপরে কোন বিন্দু হইতে লম্ব তুলিতে হয় :

মনে কর, কোন সরলরেখা AB-র উপরে অবস্থিত C-বিন্দু হইতে এক লম্ব তুলিতে হইবে। ইহা করিতে হইলে, C-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া একটি অর্ধ-বৃত্ত অঙ্কন কর, এবং যে D ও E-বিন্দু দুইটিতে উহারা AB-রেখাকে স্পর্শ করিতেছে, সেই দুইটি বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া দুইটি এমন চাপ অঙ্কিত কর যাহারা পরস্পরকে F-বিন্দুতে ছেদ করে। C-F যোগ কর। ঐ CF-রেখাই C-বিন্দু হইতে AB রেখার উপরে লম্ব।

চিত্র নং 53

(গ) অন্য প্রক্রিয়াঃ AC-রেখার উপর যে-কোন এক বিন্দু (B)-র উপরে লম্ব তুলিতে হইলে যে-কোন এক বিন্দু D-কে কেন্দ্র, আর DB-কে ব্যাসার্ধ করিয়া এক বৃত্তাংশ EBF অঙ্কিত কর। E ও D-বিন্দুদ্বয় ছুঁইয়া ঐ বৃত্তাংশের ব্যাস টান। এখন, যে F-বিন্দুতে ঐ ব্যাস বৃত্তাংশকে ছেদ করিল, তথা হইতে BF রেখা অঙ্কিত করিলে উহা AC-রেখার B-বিন্দুতে লম্ব হইবে।

চিত্র নং 54

(ঘ) যদি কোন রেখার এক প্রান্তে লম্ব তুলিতে হয় :

মনে কর, AB-রেখার B-প্রান্তে এক লম্ব তুলিতে হইবে। B-কে কেন্দ্র

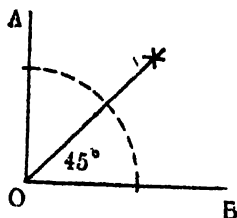
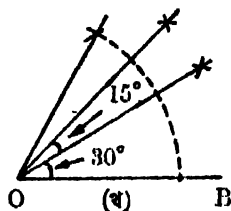
চিত্র নং 55

করিয়া AB-অপেক্ষা কম যে-কোন ব্যাসার্ধ BC লইয়া এক চাপ CDE অঙ্কিত কর, ও ব্যাসার্ধ BC-র সমান রাখিয়া, চাপকে, C-বিন্দু হইতে CD ও DE, এই দুই সমান-ভাগে ভাগ কর। এইবার D ও E-বিন্দুদ্বয় হইতে একটি করিয়া অঙ্কিত করিয়া পরস্পরকে F-বিন্দুতে ছেদ কর। BF যোগ কর। এখন BF-রেখা AB-সরল রেখার B-প্রান্তে লম্ব হইল।

(iv) 45°-ডিগ্রি কোণ :

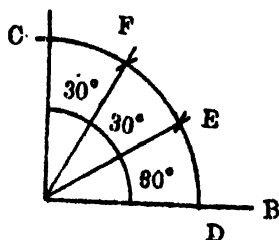
(ক) এক সমকোণ অঙ্কিত করিয়া তাহাকে দুই সম-ভাগে ভাগ করিলে 45°-ডিগ্রি কোণ হয়।

(খ) ব্যাসার্ধের সমান করিয়া কোন চাপকে ছেদন করিলে 60°-ডিগ্রি কোণ

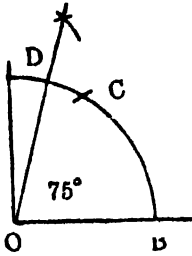
চিত্র নং 56

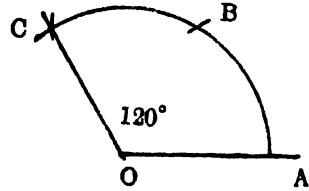
চিত্র নং 57

পাওয়া যায় ; তাহাকে আবার সম-দ্বিভাগ করিলে দুইটি 30°-ডিগ্রি কোণ হয়। দ্বিতীয় 30°-ডিগ্রিকে সম-দ্বিভাগ করিয়া নীচের 30°-ডিগ্রির সঙ্গে একত্র করিলে 45°-ডিগ্রি কোণ পাওয়া যায়।

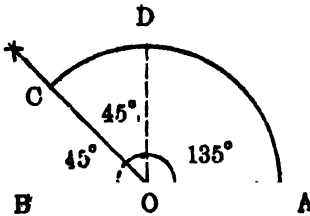
(v) **সমকোণকে তিন সমান-ভাগে ভাগ করা :**

ইহা 30°-ডিগ্রি কোণ অঙ্কন করারই অপর প্রক্রিয়া। কোন এক সমকোণ অঙ্কিত করিয়া যে-কোন ব্যাসার্ধ লইয়া CD-চাপ অঙ্কন কর ; এবং ঐ ব্যাসার্ধ

চিত্র নং 58

দিয়া, একবার C-কেন্দ্র হইতে চাপকে E-বিন্দুতে ছেদ কর, এবং অন্যবার D-কেন্দ্র হইতে F-বিন্দুতে ছেদ কর। তাহা হইলে OE ও OF রেখাদ্বয় সমকোণকে তিন সমান ভাগে ভাগ করিবে।

(vi) **75°-ডিগ্রি কোণ :** প্রথমে সমকোণ অঙ্কিত কর; এইবার যে-কোন ব্যাসার্ধ লইয়া AB-চাপ অঙ্কিত কর, ও B-কেন্দ্র হইতে ঐ ব্যাসার্ধ দিয়া চাপকে C-বিন্দুতে ছেদ কর। তাহা হইলে BOC-কোণ 60°-ডিগ্রি হইবে, ও AOC-কোণ 30°-ডিগ্রি হইবে। এইবার এই AOC-কোণকে সম-দ্বিখণ্ডিত করিয়া 60°-ডিগ্রির সঙ্গে এক করিয়া লও; তাহা হইলে BOD কোণ 75°-ডিগ্রি হইবে।

চিত্র নং 59

(vii) **120°-ডিগ্রি কোণ :** যেহেতু 60°-ডিগ্রির দ্বিগুণ 120°-ডিগ্রি, তাই 60°-ডিগ্রি অঙ্কনের প্রক্রিয়া দুইবার করিলে 120° পাওয়া যায়; অর্থাৎ যে-কোন ব্যাসার্ধের চাপ AB অঙ্কিত করিয়া তাহাকে আরও বর্ধিত কর, আর A হইতে ঐ ব্যাসার্ধের দূরত্বের সমান করিয়া চাপকে একবার B-তে ছেদ কর, আর দ্বিতীয়বার C-তে ছেদ কর; OC যোগ কর; তাহা হইলে COA-কোণ 120°-ডিগ্রি হইল।

চিত্র নং 60

(viii) **135°-ডিগ্রি কোণ :**

চিত্র নং 61

$180° - 45° = 135°$-ডিগ্রি বলিয়া, প্রথমে দুই সমকোণ ($= 180°$) AOB অঙ্কিত কর, ও তাহা হইতে BOC = 45°-ডিগ্রি বাদ দাও; তাহা হইলে AOC = 135°-ডিগ্রি হইবে।

অন্যভাবেও ইহা করা যায়; অর্থাৎ প্রথমে এক সমকোণ AOD অঙ্কিত কর; ও তাহার গায়ে একটি 45°-ডিগ্রির কোণ DOC অঙ্কিত কর; তাহা হইলে AOC = 135°-ডিগ্রির কোণ হইবে।

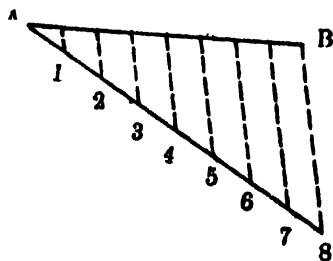
এইভাবে আরও অনেক আয়তনের কোণ অঙ্কন করিতে পারা যায়।

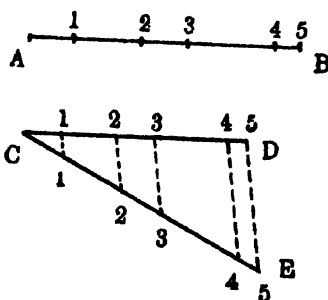
সপ্তম পরিচ্ছেদ

রেখাকে বহু ভাগে ভাগ করা

(Division of Lines into a number of Parts)

কোন রেখাকে বহু সমান-ভাগে ভাগ করা

মনে কর, কোন সরলরেখা AB-কে আট সমান-ভাগে ভাগ করিতে হইবে। রেখার A-প্রান্ত হইতে যে-কোন কোণে অন্য একটি রেখা অঙ্কিত করিয়া তাহাকে সমান আট ভাগে ভাগ কর। এই রেখা ও ∠BA8 সুবিধামত যত বড় হয়, ততই বিভাগগুলি নিখুঁত হইবে। এইবার ওই রেখার দূরতম বিন্দুর (এক্ষেত্রে অষ্টম বিন্দুর) সঙ্গে B-এর যোগ কর, ও উহার সহিত সমান্তর (parallel) করিয়া অপর ছেদ-বিন্দু হইতে (যথা 7, 6, 5, 4,...), রেখা টান। ঐ সমান্তর রেখাগুলি AB-রেখাকে ঠিক আট সমান-ভাগে ভাগ করিবে।

চিত্র নং 62

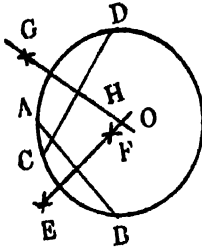
কোন এক রেখা যেভাবে বিভক্ত আছে, আর একটি রেখাকে ঠিক সেই ভাবে ভাগ করা

চিত্র নং 63

মনে কর, AB-রেখাকে অসমান পাঁচ ভাগে ভাগ করা আছে; CD রেখাকেও ঠিক সেইভাবে ভাগ করিতে হইবে।

CD-রেখা টান, আর উহার C-বিন্দু হইতে যে-কোন কোণে CE-রেখা AB-রেখার সমান করিয়া আঁক; এবং AB-রেখার উপরের বিভাগ-চিহ্নগুলি CE-র উপরে সন্নিবেশিত কর। এইবার, DE যোগ কর ও উহার সমান্তরালে CE-র উপরের 4, 3, 2 ও 1 বিন্দু হইতে রেখাগুলি টান। তাহা হইলে CD রেখা ও AB-র অনুরূপভাবে বিভক্ত হইল।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

বৃত্ত (Circle)

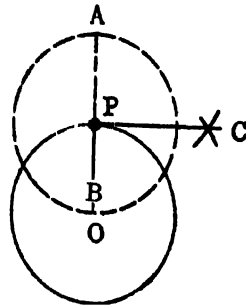
বৃত্তের কেন্দ্র নিরূপণ—বৃত্তের স্পর্শক (Tangent) অঙ্কন করিতে হইলে প্রথমে ঐ বৃত্তের কেন্দ্র নিরূপণ করিবার আবশ্যক করে। যদি কোন বৃত্তের কেন্দ্র দেওয়া না থাকে, তবে তাহা নিরূপণ করিবার প্রক্রিয়া এই :—

চিত্র নং 64

মনে কর, কোন বৃত্তের কেন্দ্র নিরূপণ করিতে হইবে। ইহা করিতে হইলে, প্রথমে যে-কোন দুইটি জ্যা (chord) AB ও CD অঙ্কিত কর। ঐ দুইটি জ্যাকে দুই সরলরেখা EF ও GH দ্বারা সমকোণে দ্বিখণ্ডিত কর। ঐ দুই রেখাকে বর্ধিত করিলে যে বিন্দুতে উহারা পরস্পরকে ছেদ করিবে, সেই বিন্দুই ঐ বৃত্তের কন্দ্র]

বৃত্তের স্পর্শক-রেখা অঙ্কন

(Drawing of Tangent to Circles)

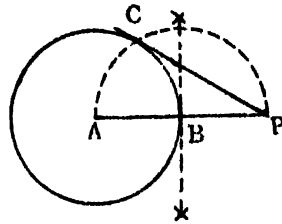
বৃত্তের পরিধির উপরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে স্পর্শক-রেখা অঙ্কন :

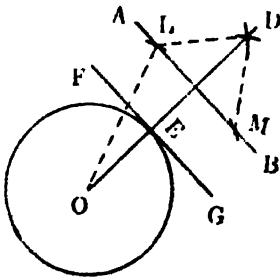
O-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর ; ঐ বৃত্তের পরিধির উপরে অবস্থিত P-বিন্দুর সহিত এক স্পর্শক অঙ্কিত করিতে হইবে। OP যোগ কর, ও উহাকে উপরের দিকে PA পর্যন্ত বর্ধিত কর। P-কে কেন্দ্র করিয়া একটি বৃত্ত অঙ্কিত কর ; এ বৃত্তটি OPA-রেখাকে A ও B-বিন্দুতে ছেদ করিল। একবার A-কে কেন্দ্র করিয়া যে-কোন ব্যাসার্ধ লইয়া এক চাপ অঙ্কিত কর, আর তাহার

চিত্র নং 65

পর B-কে কেন্দ্র করিয়া, সমান ব্যাসার্ধ লইয়া, ঐ চাপকে C-বিন্দুতে ছেদ কর। PC-রেখা টান, ও আবশ্যক হইলে উহাকে বর্ধিত কর; এই PC-রেখা বৃত্তের স্পর্শক-রেখা হইবে।

বৃত্তের পরিধির বাহিরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে স্পর্শক-রেখা অঙ্কন:

মনে কর, কোন বৃত্তের বাহিরে অবস্থিত কোন বিন্দু (P) হইতে ঐ বৃত্তের স্পর্শক-রেখা আঁকিতে হইবে। প্রথমে বৃত্তের কেন্দ্র A, ও P-বিন্দুকে যোগ করিয়া AP রেখা টান। এইবার ঐ AP-রেখাকে B-বিন্দুতে সম-দ্বিখণ্ডিত কর, ও B-কে কেন্দ্র করিয়া AB ব্যাসার্ধ লইয়া ACP অর্ধ-বৃত্ত অঙ্কিত কর। মনে কর, উহা বৃত্তকে C-বিন্দুতে ছেদ করিল। CP যোগ কর। ইহাই P-বিন্দু হইতে বৃত্তের স্পর্শক।

চিত্র নং 66

কোন রেখার সহিত সমান্তরাল করিয়া কোন বৃত্তের স্পর্শক অঙ্কন:

মনে কর, কোন বৃত্তের বাহিরে কোন রেখা AB রহিয়াছে, আর ঐ রেখার সহিত সমান্তরাল করিয়া বৃত্তের স্পর্শক অঙ্কিত করিতে হইবে। বৃত্তের কেন্দ্র O-বিন্দু হইতে AB-রেখার উপর একটি লম্বপাত কর। ইহা করিতে হইলে, O হইতে AB-রেখার ন্যূনতম দূরত্বের কিছু বেশি ব্যাসার্ধ লইয়া AB-রেখাকে L ও M বিন্দুদ্বয়ে ছেদ কর, এবং ঐ L ও M-কে কেন্দ্র করিয়া দুই চাপ অঙ্কিত করিয়া পরস্পরকে D-বিন্দুতে ছেদ কর। OD যোগ কর। মনে কর, OD সেই লম্ব, আর উহা বৃত্তকে E-বিন্দুতে ছেদ

চিত্র নং 67

করিতেছে। এবার, ঐ E-বিন্দু স্পর্শ করিয়া OE-র উপরে একটি লম্ব FG অঙ্কিত কর; ঐ লম্বই বৃত্তের স্পর্শক-রেখা।

বৃত্তের বাহিরের কোন এক বিন্দু হইতে বৃত্তের উপরে দুইটি স্পর্শক অঙ্কন:

মনে কর, ACB কোন এক বৃত্ত, ও O তাহার কেন্দ্র; এবং P ঐ বৃত্তের বাহিরের কোন এক [illegible] ঐ বিন্দু হইতে বৃত্তের উপরে দুইটি স্পর্শক অঙ্কিত করিতে হইবে। [illegible]OC সরল রেখার দ্বারা P ও O-কে যোগ কর; এই PO-রেখাকে D-বিন্দুতে সম-দ্বিভক্ত কর, ও উহাকে কেন্দ্র এবং PD-কে ব্যাসার্ধ করিয়া PAB-বৃত্ত অঙ্কিত কর। যে দুই বিন্দু A ও B-তে এই বৃত্ত প্রথম বৃত্তকে ছেদ করিবে, তাহাদের সহিত P-কে যোগ করিয়া PA ও PB অঙ্কিত কর। এই দুই রেখা প্রথম বৃত্তের দুই স্পর্শক হইবে।

চিত্র নং ৫৪

দুই অসমান বৃত্তকে স্পর্শ করিয়া একটি স্পর্শক অঙ্কন:

মনে কর, দুইটি অসমান বৃত্ত এ-উহার নিকট হইতে কিছু দূরে রহিয়াছে; উহাদের বড়টির কেন্দ্র O, এবং ছোটটির কেন্দ্রও নির্দিষ্ট আছে; উহাদের সাধারণ স্পর্শক (Common tangent) অঙ্কিত করিতে হইবে।

O-র সহিত অপর বৃত্তের কেন্দ্র যোগ কর।

মনে কর, এই রেখা বড় বৃত্তকে B-বিন্দুতে, ও ছোট বৃত্তটিকে A-বিন্দুতে ছেদ করিল। B হইতে ছোট বৃত্তের ব্যাসার্ধের সমান করিয়া BO-র উপরে C-বিন্দু দাগ দাও এবং O-কে কেন্দ্র করিয়া OC-ব্যাসার্ধ লইয়া CF বৃত্ত অঙ্কিত কর। এইবার দুই কেন্দ্রের মধ্যের রেখাকে E-বিন্দুতে সম-দ্বিভাগে বিভক্ত কর, ও E-কে কেন্দ্র করিয়া EO-কে ব্যাসার্ধ লইয়া একটি অর্ধবৃত্ত অঙ্কিত কর। মনে কর, এই অর্ধবৃত্ত CF বৃত্তকে F-বিন্দুতে ছেদ করিল। OF যোগ কর, এবং

তাহাকে বড় বৃত্তের G-বিন্দু পর্যন্ত বর্ধিত কর। এইবার ডানদিকের ছোট বৃত্তের কেন্দ্র হইতে OG রেখার সমান্তরালে N পর্যন্ত এক [illegible] টান; এবং G ও N বিন্দুদ্বয় যোগ কর। তাহা হইলে [illegible]-রেখা উভয় বৃত্তের সাধারণ স্পর্শক হইবে।

চিত্র নং 69

দুইটি বৃত্তের মধ্য দিয়া সাধারণ স্পর্শক অঙ্কন:

মনে কর, দুইটি বৃত্ত পাশাপাশি আছে; ইহাদের মধ্য দিয়া সাধারণ স্পর্শক অঙ্কিত করিতে হইবে। বৃত্ত দুইটির কেন্দ্র O এবং O যোগ কর; এই O-O রেখা বড় বৃত্তকে A-বিন্দুতে, এবং ছোট বৃত্তকে B-বিন্দুতে ছেদ করিল। এইবার A-বিন্দু হইতে, ছোট বৃত্তের ব্যাসার্ধ OB-র সমান

চিত্র নং 70

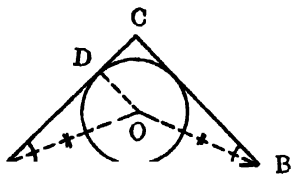
করিয়া AC-অংশ দাগ দাও, এবং ডানদিকের O-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া OC ব্যাসার্ধ লইয়া, এক বৃত্তখণ্ড অঙ্কিত কর। OO-কে সম-দ্বিখণ্ডিত কর, ও সেই বিন্দু হইতে OO-রেখার উপরে এক অর্ধবৃত্ত OFO অঙ্কিত কর। এই অর্ধবৃত্ত CF-বৃত্তকে যে F-বিন্দুতে ছেদ করিল, তাহা হইতে বাঁদিকের O-বিন্দু পর্যন্ত OF-রেখা টান। ডানদিকের O-এর সহিত F যোগ কর; মনে কর, উহা বড় বৃত্তকে G-বিন্দুতে ছেদ করিল। ডানদিকের O-বিন্দু হইতে OF-এর সমান্তরালে বামদিকে OH-রেখা আঁক, এবং G ও H বিন্দুদ্বয়কে স্পর্শ করিয়া GH-রেখা টান। এই GH-রেখাই দুইটি বৃত্তের সাধারণ স্পর্শক।

নবম পরিচ্ছেদ

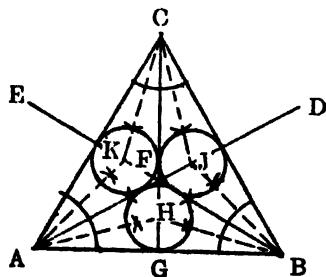
ঋজু-রেখ ক্ষেত্রের অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন

(Exercises in touching Circles in Rectilineal Figures)

কোন ত্রিভুজের অভ্যন্তরে তাহার বাহুগুলিকে স্পর্শ করিয়া অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন :

মনে কর, ABC যে-কোন এক ত্রিভুজ ; ইহার অভ্যন্তরে এমন এক বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে যাহা ঐ ত্রিভুজের বাহু তিনটিকে স্পর্শ করিয়া থাকে। প্রথমে ত্রিভুজের যে-কোন দুইটি কোণকে, যথা A ও B,—সম-দ্বিখণ্ডিত কর, ও তাহাদের বর্ধিত করিয়া O-বিন্দুতে মিলিত কর। এইবার O-বিন্দু হইতে যে-কোন বাহুর উপর এক লম্ব পাতিত কর ; মনে কর, AD-বাহুর উপর OD-লম্ব অঙ্কিত করা হইল। এখন O-কেন্দ্র হইতে, OD-কে ব্যাসার্ধ করিয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর। এই বৃত্ত ত্রিভুজের তিনটি বাহুকেই স্পর্শ করিয়া থাকিবে।

চিত্র নং 71

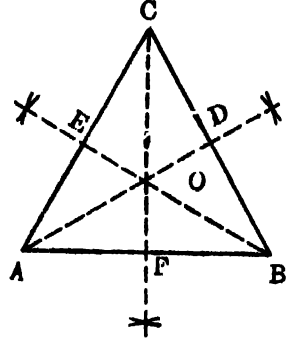
কোন সমবাহু ত্রিভুজের অভ্যন্তরে তিনটি সমান-আকারের অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন :

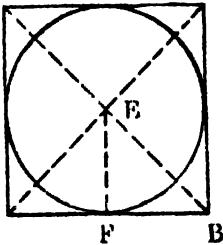
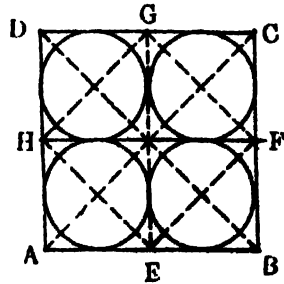
মনে কর, ABC, এই সমবাহু ত্রিভুজের অভ্যন্তরে তিনটি সমান ব্যাসের বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। যে-কোন দুই কোণ, (যথা A ও B)-কে সম-বিভক্ত করিয়া AD ও BE রেখা টান। ঐ দুই রেখা F-বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করিল। CF যোগ কর, ও তাহাকে G-বিন্দু পর্যন্ত বর্ধিত কর ; ইহাতে AFB, BFC, ও CFA,

চিত্র নং 72

—এই তিনটি ত্রিভুজ হইল। অনন্তর উপরের প্রক্রিয়া অনুসারে প্রত্যেক ত্রিভুজের মধ্য-বিন্দু H, J ও K বাহির কর, ও তথা হইতে যে যাহার নিকটের বাহুকে স্পর্শ করিয়া এক-একটি বৃত্ত অঙ্কিত কর।

(দ্রষ্টব্য : এখানে অন্তর্বৃত্তগুলি প্রত্যেকে ত্রিভুজের এক একটি বাহু স্পর্শ করিতেছে।)

চিত্র নং 73

অপর প্রক্রিয়া : প্রত্যেক কোণকে AD, BE ও CF দ্বারা সম-দ্বিখণ্ডিত কর ; মনে কর, এই রেখাগুলি O-বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করিল। তাহা হইলে ইহাতে AFOE, BDOF, ও CEOD,—এই তিনটি ট্র্যাপিজিয়ম্-এর সৃষ্টি হইল। এইবার চিত্র নং 77-এর প্রক্রিয়া-মত এক একটি অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত কর।

কোন বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন :

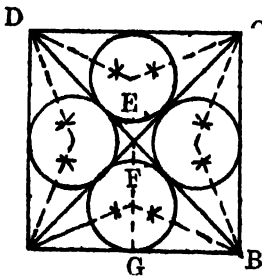
মনে কর ABCD—এই বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। বর্গক্ষেত্রের কর্ণদ্বয়, AC ও DB, অঙ্কিত কর ; উহারা যে E-বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করিল, তাহা হইতে যে-কোন বাহুর উপরে একটি লম্ব

চিত্র নং 74

চিত্র নং 75

EF পাতিত কর। অনন্তর E-কে কেন্দ্র ও EF-কে ব্যাসার্ধ লইয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর। ইহাই সেই অন্তর্বৃত্ত।

কোন বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে চারিটি সমান আকারের বৃত্ত অঙ্কন:

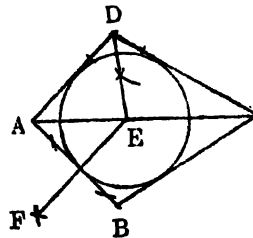
মনে কর, ABCD,—এই বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে সমান আকারের চারিটি বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে (চিত্র নং 75)।

(i) প্রত্যেক বাহুকে সম-দ্বিভক্ত করিয়া, ও বিপরীত বিন্দুদ্বয়কে যোগ করিয়া চারিটি ক্ষুদ্রতর বর্গক্ষেত্রের সৃষ্টি কর, এবং উপরের প্রক্রিয়া দ্বারা তাহাদের প্রত্যেকের অভ্যন্তরে একটি করিয়া বৃত্ত অঙ্কিত কর। এই বৃত্তগুলি প্রত্যেকে দুইটি বৃত্ত ও দুইটি বাহুকে স্পর্শ করিবে।

(ii) ABCD, এই বর্গক্ষেত্রের দুই বিপরীত কোণ হইতে দুইটি কর্ণ টান। ইহারা পরস্পরকে E-বিন্দুতে ছেদ করিবে। এইবার এক একটি কোণকে সম-দ্বিখণ্ডিত করিয়া, (যেমন AF), E-বিন্দু হইতে বর্গক্ষেত্রের বাহুগুলির উপরে, (যেমন EG) এক একটি লম্ব পাতিত কর। ঐ লম্ব যে বিন্দুতে AF-রেখাকে ছেদ করিল, তাহাকে কেন্দ্র করিয়া, ও তথা হইতে G-পর্যন্ত দূরত্বকে ব্যাসার্ধ লইয়া, বৃত্ত অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 76

এইভাবে অন্য তিনটি ত্রিভুজ BEC, CED, ও DEA-র মধ্যে বৃত্ত আঁক। এই বৃত্তগুলি প্রত্যেকে দুইটি বৃত্ত ও একটি বাহুকে স্পর্শ করিবে।

কোন ট্র্যাপিজিয়ম্ (Trapezion)*-এর অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন:

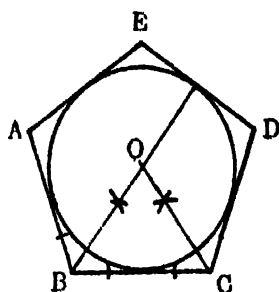
মনে কর, ABCD—কোন ট্র্যাপিজিয়ম্; ইহার মধ্যে এক অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। ক্ষেত্রটির দুই বিপরীত কোণকে স্পর্শ করিয়া কর্ণ (AC) অঙ্কিত কর। অবশিষ্ট দুই কোণের যে-কোন একটিকে,

চিত্র নং 77

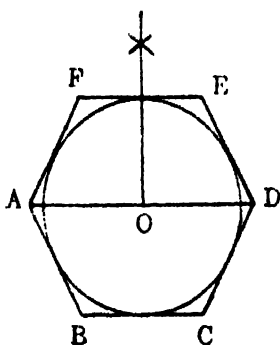
* যদি কোন 'ট্র্যাপিজিয়াম্'-এর দুই বাহু সমান থাকে, তবে তাহাকে 'ট্র্যাপিজিয়ম্' বলে।

(যেমন ADC-কোণকে), সম-দ্বিভাগে ভাগ কর, ও ঐ রেখাকে কর্ণ পর্যন্ত বর্ধিত কর ; মনে কর, উহা E-বিন্দুতে কর্ণকে স্পর্শ করিল ; এই E-বিন্দুই অন্তর্বৃত্তের কেন্দ্র হইবে ! এখন E-বিন্দু হইতে যে-কোন বাহু, (যেমন AB-বাহু)-র, উপরে EF লম্ব পাতিত কর। এই EF-রেখা যে বিন্দুতে AB-বাহুকে ছেদ করিতেছে, তাহাকে ব্যাসার্ধ করিয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর। উহাই ক্ষেত্রটির অন্তর্বৃত্ত।

সুষম পঞ্চভুজ (Regular Pentagon)-এর অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন :

মনে কর, ABCDE—একটি সুষম পঞ্চভুজ ; ইহার অভ্যন্তরে এক অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। পঞ্চভুজের যে-কোন দুইটি কোণকে সম-দ্বিখণ্ডিত কর। যে রেখা দুইটির দ্বারা কোণ দুইটি দ্বিখণ্ডিত হইল, তাহাদের বর্ধিত করিলে যে বিন্দুতে মিলিত হইবে, তাহাই উহার অন্তর্বৃত্তের কেন্দ্র (O)। এই O-বিন্দু হইতে যে-কোন বাহুর উপরে লম্ব পাতিত কর, এবং তাহাকে ব্যাসার্ধ লইয়া বৃত্ত অঙ্কন কর।

চিত্র নং 78

সুষম ষড়্‌ভুজ (Regular Hexagon)-এর অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কন :

সুষম ষড়্‌ভুজ ABCDEF অঙ্কিত করিয়া, যে-কোন দুই বিপরীত কোণের মধ্যে কর্ণ (AD) টান ; উহাকে সম-দ্বিভাগে ভাগ কর ; মনে কর, ঐ বিন্দু 'O'। O-বিন্দু হইতে যে-কোন বাহুর উপরে লম্ব পাতিত কর, ও উহাকে ব্যাসার্ধ লইয়া বৃত্ত অঙ্কন কর।

চিত্র নং 79

দশম পরিচ্ছেদ

সরল রেখার উপরে সুষম বহুভুজ

(Construction of Regular Polygons on Straight Lines)

সুষম পঞ্চভুজ অঙ্কন (এই প্রক্রিয়া অনুসারে যে-কোন সুষম বহুভুজ অঙ্কিত করা যায়)।

মনে কর, AB—সরল রেখার উপরে এক পঞ্চভুজ অঙ্কিত করিতে হইবে। A-কে কেন্দ্র করিয়া ও AB-কে ব্যাসার্ধ লইয়া এক অর্ধবৃত্ত BC অঙ্কিত কর। ডিভাইডারের সাহায্যে এই অর্ধবৃত্তকে সমান পাঁচভাগে ভাগ কর; মনে কর, ঐগুলি, যথাক্রমে 1, 2, 3, ও 4-দ্বারা চিহ্নিত করা হইল। এইবার A হইতে 3 পর্যন্ত এক রেখা টান। ইহা ঐ পঞ্চভুজের একটি বাহু হইবে। এখন AB ও A3 রেখাদ্বয়কে DE বা FG রেখাদ্বারা সম-দ্বিখণ্ডিত কর, ও ঐ দুইটি রেখাকে বর্ধিত কর যাহাতে উহারা O-বিন্দুতে মিলিত হয়। এইবার O-কে কেন্দ্র করিয়া, এবং OA কিম্বা O3-কে ব্যাসার্ধ লইয়া, এক বৃত্ত অঙ্কিত কর, এবং উহাকে AB-বাহুর সমান করিয়া 3-H, H-I এবং I-B-তে ভাগ কর; ঐ বিন্দুগুলি (অর্থাৎ 3, H, I ও B) পর্যন্ত এক একটি রেখা টানিলে উহারা সুষম পঞ্চভুজের অপর তিনটি বাহু হইবে।

চিত্র নং 80

[**দ্রষ্টব্য :** মনে রাখিতে হইবে যে, A-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া অঙ্কিত যে অর্ধবৃত্তকে সমান পাঁচভাগে ভাগ করা হইয়াছিল, সর্বসময়ে C হইতে প্রথম ভাগের বিন্দু 4-কে ছাড়িয়া দিয়া, **দ্বিতীয় বিন্দু** 3-র সঙ্গে A-3 রেখা টানিয়া সুষম পঞ্চভুজের দ্বিতীয় বাহু অঙ্কিত করিতে হইবে; অর্থাৎ অর্ধবৃত্তকে যত

ভাগেই ভাগ করা হউক, সর্বসময়ে বামদিক হইতে দ্বিতীয় বিন্দুর সঙ্গে A-পর্যন্ত রেখা টানিলে, বহুভুজের দ্বিতীয় বাহু পর্যন্ত যাইবে।]

সুষম ষড়্‌ভুজ অঙ্কন (সহজ প্রক্রিয়া) :

চিত্র নং 81

মনে কর, AB—সরল রেখার উপর এক সুষম ষড়্‌ভুজ অঙ্কিত করিতে হইবে। A এবং B-কে কেন্দ্র করিয়া, প্রত্যেক বারই AB-ব্যাসার্ধ লইয়া দুই চাপ অঙ্কিত কর যাহাতে উহারা O-বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে। এই O-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এবং OA-কে ব্যাসার্ধ করিয়া একটি বৃত্ত অঙ্কিত কর, ও ডিভাইডারে AB-র সমান দূরত্ব লইয়া, তাহার পরিধিকে C, D, E, ও F,—অন্য চারিভাগে ভাগ কর। এইবার A হইতে C, C হইতে D,—এইভাবে পাঁচটি রেখা টানিলে এক সুষম ষড়্‌ভুজ অঙ্কিত হইবে।

সুষম অষ্টভুজ অঙ্কন :

মনে কর, AB-রেখার উপরে সুষম অষ্টভুজ অঙ্কিত করিতে হইবে। AB-কে উভয় দিকে বর্ধিত কর, ও AC এবং BD উভয়কেই AB-র সমান কর। A ও B-কে কেন্দ্র করিয়া, এবং AC ও BD-কে ব্যাসার্ধ করিয়া CE ও DF এই দুই বৃত্ত-পাদ (quadrants) ত কর। ইহার দ্বারা যে দুইটি সমকোণ CAE ও DBF-এর উৎপত্তি হইল,

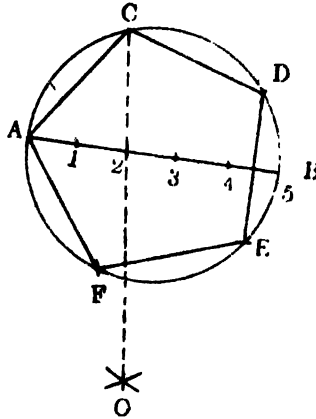
চিত্র নং 82

তাহাদের সম-দ্বিখণ্ড কর; এবং দ্বিখণ্ডকারী রেখা দুইটি AG ও BH-এর প্রত্যেকটিকে AB-র সমান কর। এইবার G, A, B ও H বিন্দু হইতে উর্ধ্বাধঃ (vertical) রেখা টান, এবং GI এবং HJ-এর প্রত্যেককে AB-র সমান কর। সর্বশেষে I হইতে BH-র সমান্তরালে, এবং J হইতে AG-র সমান্তরালে, দুইটি রেখা টানিয়া, তাহাদিগকেও AB-র সমান কর, এবং শেষের দুইটি বিন্দু K ও L-কে, (যাহা A ও B হইতে উত্তোলিত উর্ধ্বাধঃ রেখা দুইটিকে ছেদ করিয়া উৎপন্ন হইয়াছে), KL,—এই অনুভূমিক রেখার দ্বারা সংযুক্ত কর। ইহাতে AGIKLJHB,—এক সুষম অষ্টভুজ ক্ষেত্র হইবে।

একাদশ পরিচ্ছেদ

বৃত্তের অভ্যন্তরে যে-কোন সুষম বহুভুজ অঙ্কন

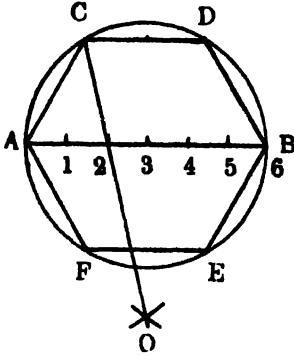
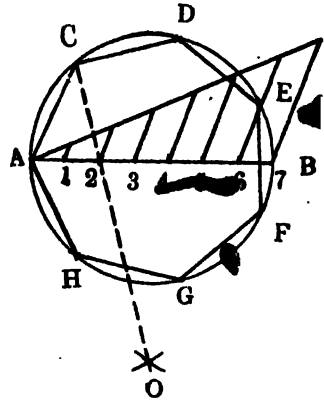
(Inscription of any Regular Polygon in Circle)

মনে কর, কোন বৃত্তের অভ্যন্তরে একটি সুষম **পঞ্চভুজ** অঙ্কিত করিতে হইবে। এই বৃত্তের ব্যাস AB। পঞ্চভুজ অঙ্কিত হইবে বলিয়া, ব্যাসকে পাঁচ সমান-ভাগে ভাগ কর (বহুভুজের বাহুর সংখ্যা যত, এই ব্যাসকে তত সমান-ভাগে ভাগ করিতে হয়)। এখন, একবার A-কে কেন্দ্র করিয়া, ও আর

চিত্র নং ৪3

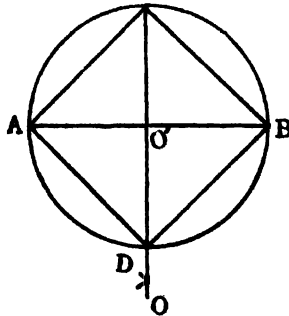
একবার B-কে কেন্দ্র করিয়া, ব্যাস অপেক্ষা বড় যে-কোন দূরত্ব লইয়া দুই চাপ অঙ্কিত কর ; মনে কর, উহারা পরস্পরকে O-বিন্দুতে ছেদ করিল। O-বিন্দু হইতে ব্যাসের "2"-চিহ্ন ছুঁইয়া বৃত্তের উপর দিক পর্যন্ত এক রেখা টান। মনে কর, উহা বৃত্তকে C-বিন্দুতে স্পর্শ করিল। AC-রেখা টান। ইহা পঞ্চভুজের একটি বাহু। এইবার ডিভাইডারের সাহায্যে AC-র দূরত্ব গ্রহণ করিয়া, বৃত্তের পরিধির উপর দিয়া ঘুরাইয়া, C, D, E, ও F চিহ্ন দাও, এবং CD, DE, EF ও FA বাহুগুলি আঁক।

এইভাবে সুষম ষড়্‌ভুজ ও সুষম সপ্তভুজ অঙ্কনের পদ্ধতিও দেখান' হইয়াছে :—

ষড়্‌ভুজ ক্ষেত্র
চিত্র নং 84

সপ্তভুজ ক্ষেত্র
চিত্র নং 85

বৃত্তের অভ্যন্তরে সুষম চতুর্ভুজ বা চতুষ্কোণ ক্ষেত্র অঙ্কন :

মনে কর, বৃত্তের ব্যাস AB, এবং O′-উহার কেন্দ্র। AB-কে CD-রেখা দ্বারা সম-দ্বিভাগে ও সমকোণে ভাগ কর ; এইবার, কেন্দ্র স্পর্শ করিয়া DC-রেখা টান ;

চিত্র নং 86

এ রেখা বৃত্তকে C ও D-বিন্দুতে স্পর্শ করিবে। A, C, B ও D যোগ কর।

দ্বাদশ পরিচ্ছেদ

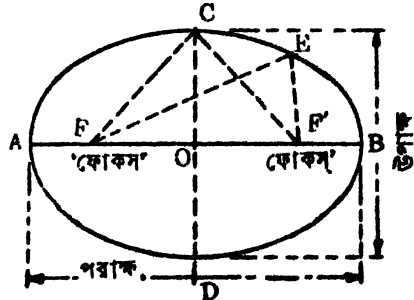
উপবৃত্ত, বৃত্তের ইন্‌ভোলিউট, ও অধিবৃত্ত

(Ellipse, Involute of a Circle, and Parabola)

উপবৃত্ত কি :

কোন একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া ও তাহা হইতে দূরত্ব সর্বসময়ে অপরিবর্তিত রাখিয়া কোন এক বিন্দুকে সঞ্চারিত করিলে সেই বিন্দু যে পথে ভ্রমণ করে, সেই "সঞ্চার-পথ" (locus)-এর নাম বৃত্ত (circle) ; আর কোন **দুইটি** নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে, উহাদের **সমবেত** দূরত্ব সর্বসময়ে সমান রাখিয়া, কোন এক বিন্দুকে সঞ্চারিত করিলে সেই বিন্দু যে পথে ভ্রমণ করে সেই "সঞ্চার-পথ" (locus)-এর নাম উপবৃত্ত (Ellipse)। বৃত্তের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট বিন্দুকে "কেন্দ্র" (centre), ও তাহা হইতে সঞ্চারশীল বিন্দুর দূরত্বকে "ব্যাসার্ধ" (radius) বলে, আর উপবৃত্তের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট বিন্দু দুইটিকে "নাভি" বা "ফোকস্" (**focus** ; দ্বিবচনে **foci**) বলে। বৃত্তের ক্ষেত্রে কেন্দ্র হইতে দূরত্ব [ব্যাসার্ধ বা radius] অপরিবর্তিত (ইংরাজীতে constant; বাংলা পরিভাষায়, 'ধ্রুবক') থাকে, আর উপবৃত্তের ক্ষেত্রে নাভি বা "ফোকস্" দুইটি হইতে বিন্দু পর্যন্ত দূরত্বের **সমষ্টি** অপরিবর্তিত থাকে। এই ধ্রুবক-দৈর্ঘ্য (constant-length) উপবৃত্তের পরাক্ষ (major axis)-এর সমান হয়। [উপবৃত্তের দুইটি অক্ষ, (ইংরাজীতে axis), থাকে ; তাহাদের বড়টিকে "পরাক্ষ" বা major axis, ও ছোটটিকে "উপাক্ষ" বা minor axis বলে।]

উপবৃত্ত (পরিচয়াত্মক)

চিত্র নং 87

পার্শ্বে যে উপবৃত্তের চিত্র দেওয়া হইয়াছে, তাহাতে প্রদর্শিত F ও F′ বিন্দুদ্বয় উহার দুইটি ফোকস্ বা নাভি; AB, পরাক্ষ (major axis); ও CD, উপাক্ষ (minor axis)।

যদি এমন একটি সঞ্চরণশীল বিন্দু "C" লওয়া হয় যে, চিত্রেপ্রদর্শিত FC রেখা F′C রেখার সমান, এবং ঐ দুই রেখার সমবেত দৈর্ঘ্য (FC + F′C) সর্বসময়ে অপরিবর্তিত রাখিয়া C-বিন্দুটিকে দক্ষিণে অথবা বামে ধীরে ধীরে সরাইতে থাকা যায়, তবে উহা যে সঞ্চার-পথ—CEBDAC—অঙ্কিত করি— —
উপবৃত্ত।

ফোকস্ বা নাভি নিরূপণ করিবার নিয়ম:

চিত্রে, AO = OB = পরাক্ষ-এর অর্ধেক; মনে কর, উহাদের প্রত্যেককে "a" বলা গেল;

এবং CO = OB = উপাক্ষ-এর অর্ধেক; ইহাদের "b" বলা হইল।

এখন যদি COF, এই সমকোণী ত্রিভুজ গ্রহণ করা যায়,

তবে $(FC)^2 = (FO)^2 + (OC)^2$;

কিন্তু $FC = AO = a$, আর $OC = b$;

$\therefore\ a^2 = (FO)^2 + b^2$; সুতরাং $(FO)^2 = a^2 - b^2$।

অতএব O হইতে F বিন্দুর দূরত্ব $= \sqrt{a^2 - b^2}$।

তাহা হইলে বুঝা যাইতেছে যে, যদি পরাক্ষ ও উপাক্ষ দেওয়া থাকে, তবে O-হইতে নাভির দূরত্ব বাহির করা যায়।

উদাহরণ (1): মনে কর, কোন উপবৃত্তের পরাক্ষ (major axis) 2·5 ইঞ্চ ও উপাক্ষ (minor axis) 1·75 ইঞ্চ; উহার মধ্যবিন্দু হইতে দুই ফোকস্-এর দূরত্ব নির্ণয় কর।

এখানে OA এবং OB, প্রত্যেকে $\frac{2 \cdot 5}{2} = 1 \cdot 25$ ইঞ্চ, $(= a)$,

এবং OC এবং OD, প্রত্যেকে $\frac{1 \cdot 75}{2} = 0 \cdot 875$ ইঞ্চ $(= b)$;

অর্থাৎ $(OF)^2 = (1·25)^2 - (0·875)^2$

$= 1·5625 - 0·7656$

$= 0·7969$ বর্গ ইঞ্চ ;

$OF = 0·893$ (ইঞ্চ) ।

অতএব মধ্যবিন্দু হইতে বাম ও দক্ষিণ দিকে 0·893 ইঞ্চ দূরে, যথাক্রমে, F ও F′ ফোকস্-দ্বয়ের স্থান হইবে।

উদাহরণ (2) : কোন উপবৃত্তের মধ্য-বিন্দু হইতে ফোকস্-এর দূরত্ব 1 ইঞ্চ হইলে উহার পরাক্ষ ও উপাক্ষ-এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

মনে কর, পরাক্ষ (major axis) $= 2a$, ও উপাক্ষ (minor axis) $= 2b$;

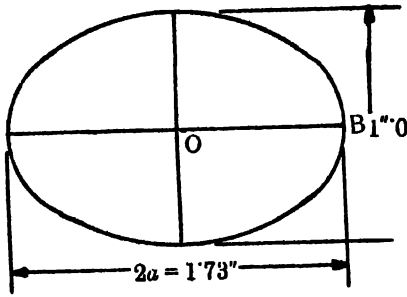
যেহেতু $(OF)^2 = a^2 - b^2$,

$\therefore \quad 1^2 = a^2 - b^2$ ।

এখন যদি b-এর ক্রমবর্ধমান কতকগুলি মূল্য ধরা যায়, তবে উপরের সূত্র (formula) অনুসারে a-র কতকগুলি মূল্য পাওয়া যাইবে ; ঐগুলি হইতে কতকগুলি উপবৃত্ত অঙ্কিত করা যাইবে।

মনে কর, যেহেতু সূত্র অনুসারে, $1^2 = a^2 - b^2$, তাই নীচের তালিকায় b-এর কতকগুলি মূল্য গ্রহণ করা হইল, ও তাহা হইতে পরাক্ষ ও উপাক্ষ-এর উপযুক্ত মূল্য নির্ণয় করা হইল :—

b	0·25	0·3	0·4	0·45	0·5	0·55	0·6	0·65	0·9
b^2	0·0625	0·09	0·16	0·2025	0·25	0·3325	0·30	0·4225	0·49
$1-b^2$ $(=a^2)$	0·9375	0·91	0·84	0·7975	0·75	0·6975	0·64	0·5775	0·51
a	0·986	0·954	0·9186	0·8933	0·866	0·835	0·78	0·76	0·71
2a (=পরাক্ষ)	1·972	1·908	1·833	1·7864	1·732	1·67	1·56	1·52	1·42
2b (=উপাক্ষ)	0·5	0·6	0·8	0·9	1·0	1·1	1·2	1·3	1·4

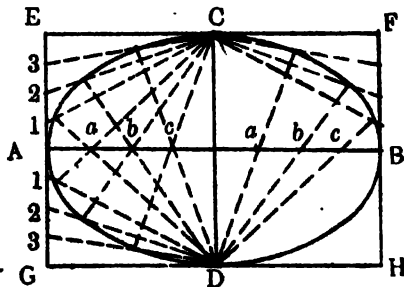
উপরের মূল্য সকলকে অবলম্বন করিয়া উপবৃত্ত অঙ্কিত করা যায়। পার্শ্বের চিত্রে এমনই একটি উপবৃত্ত অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহাতে পরাক্ষ = 1·73″ ও উপাক্ষ = 1″ ইঞ্চ লওয়া হইয়াছে। ... করিয়া দেখিলে ইহাও বোধগম্য হইবে যে, দৈর্ঘ্যে উপাক্ষ পরাক্ষের যত কাছ-বরাবর হইবে, উপবৃত্ত ততই গোলাকার হইবে।

চিত্র নং ৪৪

অঙ্কিত করিবার পক্ষে পরাক্ষ ও উপাক্ষ-এর অনুপাত $\left(\text{অর্থাৎ } \frac{a}{b}\right) = 1·4$, 1·5, 1·7 এইরূপ হইলে, উপবৃত্ত দেখিতে সুশ্রী হইয়া থাকে।

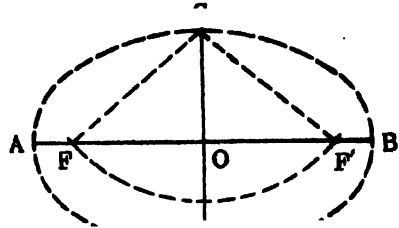
উপবৃত্ত অঙ্কন করার প্রক্রিয়া

(1) AB-কে পরাক্ষ লইয়া তাহার মধ্যবিন্দু হইতে উহার লম্বভাবে CD উপাক্ষ অঙ্কিত কর। C ও D হইতে AB-র সমান্তরালে EF ও GH রেখা টান, ও A এবং B হইতে CD-র সমান্তরালে EG ও FH, এই দুইটি রেখা আঁকিয়া EGHF-কে একটি আয়তক্ষেত্রে পরিণত কর।

চিত্র নং ৪৫

এইবার AE, BF, AG এবং BH,—প্রত্যেক অংশকে সমান চার (কিম্বা অধিক সংখ্যক) ভাগে ভাগ কর। এইগুলিকে, যথাক্রমে, 1, 2, 3, চিহ্ন দিয়া দেখান' হইয়াছে। অনন্তর প্রত্যেক অর্ধ-পরাক্ষকেও সমান (যথা *a*, *b*, *c*,) ভাগে

ভাগ কর। AE এবং BF-এর 1, 2, 3, চিহ্নিত বিন্দুগুলির সহিত C পর্যন্ত রেখা টান, এবং D বিন্দু হইতে পরাক্ষের উপরে, বামদিকে, *a*-কে ছুঁইয়া এমন রেখা টান, যাহা C-1 রেখাকে ছেদ করে; সেইরূপ D-বিন্দু হইতে *b*-কে ছুঁইয়া এমন টান, যাহা C-2 রেখাকে ছেদ করে, এবং D-বিন্দু হইতে C-কে ছুঁইয়া এমন রেখা টান, যাহা C-3 রেখাকে ছেদ করে। C, ও এই ছেদবিন্দুগুলি স্পর্শ করিয়া A হইতে C পর্যন্ত রেখা টানিলে, তাহা উপবৃত্তের এক-চতুর্থাংশ হইবে। তেমনি, C হইতে B পর্যন্ত, D হইতে A, এবং D হইতে B পর্যন্ত, বুঝতে হইবে।

(2) আলপিন ও সূতা দিয়া উপবৃত্ত অঙ্কন:

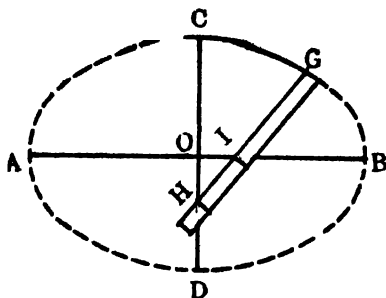
মনে কর, AB ও CD, উপবৃত্তের পরাক্ষ ও উপাক্ষ। AB-কে O-বিন্দুতে দ্বিধা-বিভক্ত কর, এবং OC = OD করিয়া আঁক। C-কে কেন্দ্র করিয়া, এবং OA-কে ব্যাসার্ধ লইয়া, এক চাপ অঙ্কিত করিয়া AB-রেখাকে F, F' বিন্দুদ্বয়ে ছেদ কর। ইহাই উপবৃত্তের দুইটি ফোকস্ বা নাভি। এইবার তিনটি আলপিন লইয়া F, F' ও C বিন্দু-তিনটিতে শক্ত করিয়া পুতিয়া দাও, আর একগাছি সূতাকে ঐ পিন তিনটির বাহির দিয়া আঁট করিয়া এক পাক ঘুরাইয়া FF'C ত্রিভুজাকৃতি করিয়া, ভাল করিয়া ফাঁস দাও কিম্বা গাঁঠ বাঁধ। এখন C-বিন্দুতে বসান' আলপিনটি খুলিয়া লইয়া সেই বিন্দুতে পেন্সিলের সীসের দিকটা ঢুকাইয়া দাও। এখন যদি পেন্সিলকে ঠিক খাড়া ও সূতাকে টান-টান রাখিয়া ধীরে ধীরে উহাকে সরান' যায়, তবে কাগজের উপরে যে সঞ্চার-পথ অঙ্কিত হইবে, তাহাই উপবৃত্ত।

চিত্র নং 90

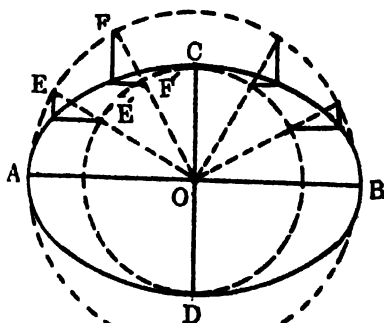
(3) কাগজের চিল্‌তা দিয়া উপবৃত্ত অঙ্কন:

প্রথমে AB-কে পরাক্ষের সমান করিয়া আঁক, ও তাহার মধ্য-বিন্দু O হইতে লম্ব-ভাবে OC = OD = অর্ধেক উপাক্ষ করিয়া আঁক। এইবার একটি সরু ও লম্বা কাগজের চিল্‌তা (a strip of paper) গ্রহণ কর; উহার একপ্রান্ত হইতে অর্ধ-

পরাক্ষ (OA)-এর সমান করিয়া GH, এবং ঐ প্রান্ত হইতেই অর্ধ-উপাক্ষ (OC)-এর সমান করিয়া GI দাগ দাও।

কাগজের ফালি বা চিলতা

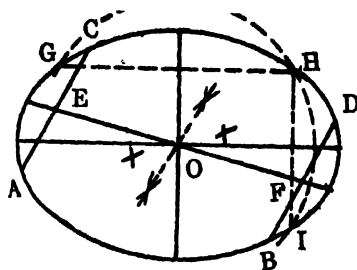
চিত্র নং 91

এখন সর্বসময়েই কাগজের I-বিন্দুকে পরাক্ষের উপরে, এবং H-কে উপাক্ষের উপরে ভিড়াইয়া রাখিয়া G-কে নানা অবস্থানে স্থাপন কর, ও সেই সেই স্থানে কাগজের উপরে পেন্সিল দিয়া একটি করিয়া বিন্দু বসাইয়া দাও। এই বিন্দুগুলি G-বিন্দুর সঞ্চার-পথ; এখন ঐ বিন্দু-সমষ্টি যোগ করিলে এক উপবৃত্ত হইবে। চিত্র হইতে দেখা যাইবে, C হইতে এই কার্য আরম্ভ করিয়া যতদূর কাগজের ফালি সরান' হইয়াছে, ততদূর পর্যন্ত G-এর সঞ্চার-পথ অবিচ্ছিন্ন-রেখার দ্বারা, এবং অবশিষ্ট পথ ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখার দ্বারা দেখান' হইয়াছে।

(4) AB ও CD, এই দুই রেখা পরাক্ষ ও উপাক্ষ-ভাবে পরস্পরের লম্বভাবে অঙ্কিত কর; উহাদের মধ্যচ্ছেদবিন্দু O-কে কেন্দ্র, এবং OA ও OC-কে ব্যাসার্ধ করিয়া, দুই বৃত্ত অঙ্কিত কর। এইবার যে-কোন বৃত্ত লইয়া, তাহার প্রত্যেক পাদ (quadrant)-কে সুবিধামত চার, ছয় অথবা যে-কোন ভাগে ভাগ কর (যথা E, F,), ও কেন্দ্র O-এর সঙ্গে যোগ কর। মনে কর, ঐ রেখাগুলি ছোট বৃত্তকে যথাক্রমে E′, F′, প্রভৃতি বিন্দুতে ছেদ করিল। এখন E, F, প্রভৃতি বিন্দু হইতে এক একটি ঊর্ধ্বাধঃ রেখা, ও E′, F′, প্রভৃতি বিন্দু হইতে এক

চিত্র নং 92

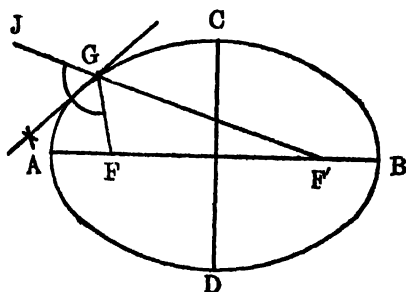
একটি অনুভূমিক রেখা টানিয়া পরস্পরকে ছেদ কর, ও সেই সেই ছেদ-বিন্দু স্পর্শ করিয়া রেখা-চিত্র অঙ্কিত করিলে এক উপবৃত্ত হইবে।

উপবৃত্ত দেওয়া থাকিলে তাহার পরাক্ষ ও উপাক্ষ নির্ণয়ঃ

উপবৃত্তের অভ্যন্তরে দুইটি সমান্তরাল জ্যা (parallel chords) AC ও BD অঙ্কিত [illegible] উহাদিগের মধ্যবিন্দু E ও F নির্ণয় কর। এই EF-কে দ্বিখণ্ডিত করিলে উপবৃত্তের কেন্দ্র 'O' পাওয়া যাইবে। এইবার O-কেন্দ্র হইতে এমন এক ব্যাসার্ধ [illegible] এক চাপ (arc)

চিত্র নং 93

অঙ্কিত কর যাহা উপবৃত্তকে তিন স্থানে ছেদ করে,—যথা G, H ও I। GH ও HI যোগ কর; ইহাদের দ্বিখণ্ডিত করিয়া, সেই ছেদ-বিন্দুদ্বয়ের সঙ্গে কেন্দ্র O-কে স্পর্শ করিয়া উপবৃত্ত পর্যন্ত রেখা আঁকিলে উহারা উহার উপাক্ষ ও পরাক্ষ হইবে।

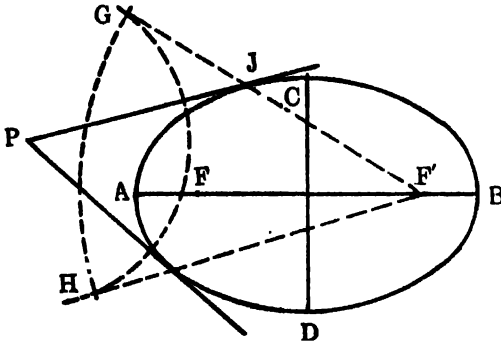
উপবৃত্তের উপরিস্থিত কোন এক বিন্দুতে স্পর্শক (Tangent) অঙ্কনঃ

উপবৃত্তের পরাক্ষ ও উপাক্ষ, এবং ফোকস্ বা নাভি F F′ দেওয়া না থাকিলে, প্রথমে ঐগুলি বাহির করিয়া লইতে হইবে। অনন্তর যে বিন্দু G-তে স্পর্শক অঙ্কিত করিতে হইবে, তাহার সহিত প্রথম নাভি F-এর যোগ কর, এবং F′ হইতে G-কে স্পর্শ করিয়া F′G-রেখা অঙ্কিত কর, ও উহাকে J পর্যন্ত বর্ধিত কর। ইহার দ্বারা

চিত্র নং 94

যে JGF কোণের উৎপত্তি হইল, তাহাকে দ্বিখণ্ডিত কর ; এবং যে রেখার দ্বারা কোণ দ্বিখণ্ডিত হইল, সেই রেখাই G-বিন্দুতে উপবৃত্তের স্পর্শক।

উপবৃত্তের বাহিরে অবস্থিত কোন এক বিন্দু হইতে স্পর্শক (Tangent) অঙ্কন :

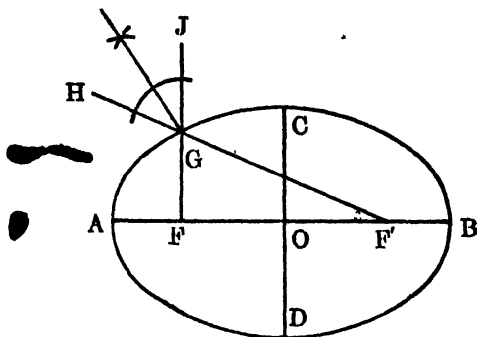
মনে কর, উপবৃত্তের বাহিরে অবস্থিত P কোন এক বিন্দু। উপবৃত্তের পরাক্ষ, উপাক্ষ এবং নাভিদ্বয় নির্ণয় কর। এক্ষেত্রে দেখা যাইতেছে, P-বিন্দু হইতে উপবৃত্তের সঙ্গে দুইটি স্পর্শক অঙ্কিত করা যাইতে পারে। P-কে কেন্দ্র ও PF-কে ব্যাসার্ধ লইয়া এক বৃত্ত-অংশ অঙ্কিত কর। এইবার নাভি F'-কে কেন্দ্র এবং পরাক্ষ AB-কে ব্যাসার্ধ করিয়া পূর্ব-বৃত্তকে দুই বিন্দুতে ছেদ কর। মনে কর, ঐ দুইটি বিন্দু G এবং H। F'G ও F'H যোগ কর। এই দুই রেখা যে দুই বিন্দু

চিত্র নং 95

J ও K-তে উপবৃত্তকে ছেদ করিল ("K" দেখান' নাই), সেই দুই বিন্দুর সঙ্গে P-বিন্দু যোগ করিয়া দুইটি রেখা টানিলে উহারা উপবৃত্তের স্পর্শক হইবে।

উপবৃত্তের উপরিস্থিত কোন এক বিন্দুতে অভিলম্ব (Normal) অঙ্কন :

পূর্ব পূর্ব প্রক্রিয়া-মত, পরাক্ষ, উপাক্ষ এবং নাভি বা ফোকস্ দেওয়া না থাকিলে ঐগুলি নির্ণয় কর। নির্দিষ্ট বিন্দু G-এর সঙ্গে F ও F' যোগ কর, এবং ঐ দুই রেখাকে বাহিরের দিকে বর্ধিত কর। ইহাতে যে HGJ কোণের

উৎপত্তি হইল, তাহাকে দ্বিধা বিভক্ত কর। যে রেখা এই HGJ কোণকে দুইভাগে ভাগ করিল, তাহাই উপবৃত্তের অভিলম্ব।

চিত্র নং 96

বৃত্তের ইন্‌ভোলিউট (Involute of Circle)

যদি কোন স্তম্ভক বা চোঙ্ (cylinder)-এর পরিধির উপরে আঁট করিয়া এক পাক সূতা জড়ান' যায়, (যেমন সূতায় 'মাঞ্জা' দিয়া নাটাইয়ের উপরে জড়ান' হয়), এবং ঐ সূতার শেষ প্রান্তে টান রাখিয়া চোঙকে এমন ভাবে ঘুরান' যায় যাহাতে ঐ সূতা ধীরে ধীরে খুলিতে থাকে, তবে সূতার শেষ প্রান্ত-বিন্দুর সঞ্চার-পথ (locus)-কে ঐ বৃত্তের 'ইন্‌ভোলিউট' বলে। এই সঞ্চার-পথ-রেখা যান্ত্রিক নক্সায় (in mechanical drawing) প্রয়োজনে আসে। দাঁত-ওয়ালা চাকা (toothed wheel or gear-wheel) গঠন করিবার নক্সায় ইহার ব্যবহার সমধিক।

ইন্‌ভোলিউট-রেখার অঙ্কন-প্রণালী:

O-কে কেন্দ্র করিয়া সুবিধামত কোন ব্যাসার্ধ (OA) লইয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর। বৃত্তের অর্ধ-পরিধিকে, সুবিধামত কতকগুলি সমান ভাগে ভাগ করিয়া (যথা, B, C, D, E, F, G,), কেন্দ্রের সঙ্গে যোগ কর, এবং প্রত্যেক বিন্দু B, C, D, প্রভৃতি হইতে একটি করিয়া স্পর্শক (tangent) BP, CQ, প্রভৃতি টান। এইবার BA-জ্যা (chord)-এর সমান দূরত্ব লইয়া B-বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের উপরে BP-র দূরত্ব বসাও; এইরূপ, C-বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের উপরে BA-জ্যা'র দ্বিগুণ দূরত্ব (=2 BA)=CQ; D-বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের উপরে

BA-জ্যার তিনগুণ দূরত্ব (= 3BA) = RD ;—এইভাবে ES, FT, GU,…প্রভৃতি

চিত্র নং 97

বসাইয়া যাও। অনন্তর A, P, Q, R, S, T, U, V…বিন্দুগুলি এক অবিচ্ছিন্ন রেখার দ্বারা যোগ করিলে 'ইন্‌ভোলিউট'-রেখা হইবে।

অধিবৃত্ত (Parabola) অঙ্কনের প্রক্রিয়া :

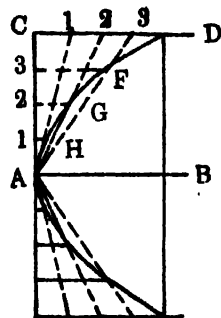
নিম্নের চিত্রে, AB′-রেখাকে অধিবৃত্তের **অক্ষরেখা (axis)**, কিম্বা **ভুজ (abscissa)**-ও বলে। DAD′-রেখার নাম **নিয়ামক (directrix)**, এবং F উহার **নাভি** বা **ফোকস্ (focus)**। যদি AF-কে সম-দ্বিখণ্ডিত করা যায়, তবে যে বিন্দু 'V' পাওয়া যাইবে, তাহাই অধিবৃত্তের **শীর্ষ (vertex)**। যদি কোন বিন্দু (P)-র সঞ্চার-পথ এমন হয় যে, নাভি (F) হইতে তাহার দূরত্ব (যথা FP), সব সময়ে নিয়ামক (directrix) হইতে P-বিন্দুর দূরত্বের সমান হয়, তবে সে বিন্দু অধিবৃত্ত-রেখায় সঞ্চারিত হয়। অধিবৃত্ত-রেখার উপরে

চিত্র নং 98

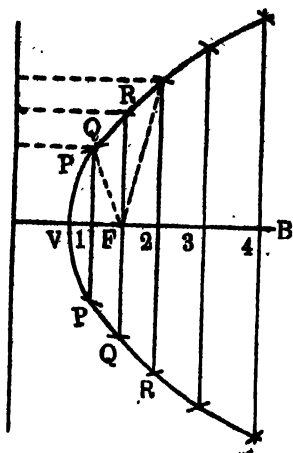
কোন এক বিন্দু হইতে ভুজ (abscissa) পর্যন্ত অঙ্কিত ঊর্ধ্বাধঃ রেখার নাম '**কোটি**' (**ordinate**) ; [BP-কে সব সময়ে PF-এর সমান হইতে হয়]।

ভুজ ও কোটি দেওয়া থাকিলে তাহা অধিবৃত্ত অঙ্কন :

প্রদত্ত[illegible] ভুজ AB অঙ্কিত কর। A হইতে C, ও B হইতে D ঊর্ধ্বাধঃ-রেখা অধিবৃত্তের কোটি-রূপে অঙ্কিত কর। CD যোগ কর। এইবার AC-কে যে-কোন সমান ভাগে ভাগ কর। সেইরূপ CD-কেও তত সমান ভাগে ভাগ কর, এবং A-বিন্দুর সঙ্গে CD-র 1, 2, 3-বিন্দুগুলি যোগ কর। এইবার নিয়ামক AC-র 3-বিন্দু হইতে AB-র সমান্তরালে রেখা টানিয়া A-3-রেখাকে F-বিন্দুতে ছেদ কর। ঐরূপ নিয়ামকের 2-হইতে AB-র সমান্তরালে রেখা টানিয়া A-2 রেখাকে G-বিন্দুতে ছেদ কর ; এবং এইভাবে অন্যগুলিরও ছেদ-বিন্দু নির্ণয় কর ; এবং ঐ বিন্দুগুলিকে যোগ কর। AB-র নীচের দিকেও অনুরূপ রেখাচিত্র অঙ্কিত করা হয়।

চিত্র নং 99

নাভি (Focus) ও নিয়ামক (Directrix) দেওয়া থাকিলে তাহা হইতে অধিবৃত্ত অঙ্কন :

মনে কর, F-বিন্দু অধিবৃত্তের নাভি (focus) (চিত্র নং 100), ও বর্ধিত DA-রেখা উহার নিয়ামক (directrix)। F হইতে নিয়ামক রেখার উপরে A-বিন্দুতে এক লম্ব পাত কর, ও AF রেখাকে B-তে বর্ধিত কর ; ইহা ভুজ-রেখা। AF-রেখাকে সম-দ্বিখণ্ডিত করিলে অধিবৃত্তের শীর্ষ (vertex) পাওয়া যায়। অতএব AF-কে সমান দুইভাগে ভাগ করিয়া শীর্ষ (V) পাওয়া গেল। এইবার ভুজ-রেখা AB-র উপরে কতকগুলি বিন্দু (1, 2, 3, 4,) গ্রহণ কর, এবং ঐ সকল বিন্দু হইতে

উভয়দিকে লম্ব সকল উত্তোলন এবং পাতিত কর। অধিবৃত্তের নিয়ম অনুসারে A-বিন্দু হইতে 1, F, 2, 3, প্রভৃতির দূরত্ব, যথাক্রমে, F-বিন্দু হইতে,—1, F, 2, প্রভৃতির উপরে যে-সব লম্ব উত্তোলিত করা হইয়াছে, তাহাদের ছেদবিন্দুর সমান হয়। F-কে কেন্দ্র করিয়া, A-1 ব্যাসার্ধ লইয়া, 1-এর উপরে উত্তোলিত কোটি (ordinate)-কে P, P-বিন্দুতে ছেদ কর; ইহারা অধিবৃত্তের উপর ও নীচের দিকের দুইটি বিন্দু। সেইরূপ, F-কে কেন্দ্র করিয়া, A-F ব্যাসার্ধ লইয়া, F-এর উপরে উত্তোলিত কোটিকে Q, Q-বিন্দুতে ছেদ কর (পার্শ্বের "দ্রষ্টব্য" দেখ)। তেমনই আবার, F-কে কেন্দ্র করিয়া, A-2 কে ব্যাসার্ধ লইয়া, 2-এর উপরে উত্তোলিত কোটিকে R, R-বিন্দুতে ছেদ কর; ইত্যাদি। ঐ সকল ছেদ-বি রেখাচিত্র অঙ্কিত কর।

[দ্রষ্টব্য : যেমন নীচের দিকে আছে, তেমনি চিত্রের উপরদিকের "R", 2-হইতে উত্তোলিত লম্বের উপরে বসিবে; এবং "Q", F-হইতে উত্তোলিত লম্বের উপরে যাইবে।]

PF = A1 ; QF = AF : RF = A2.

চিত্র নং 100

ত্রয়োদশ পরিচ্ছেদ

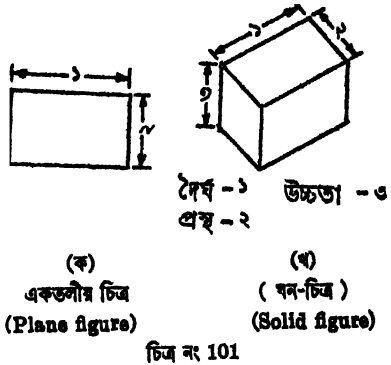
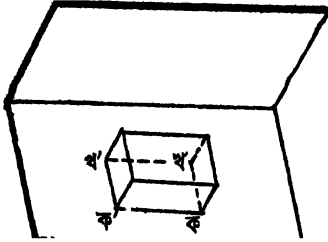
প্রক্ষেপ (Projection)

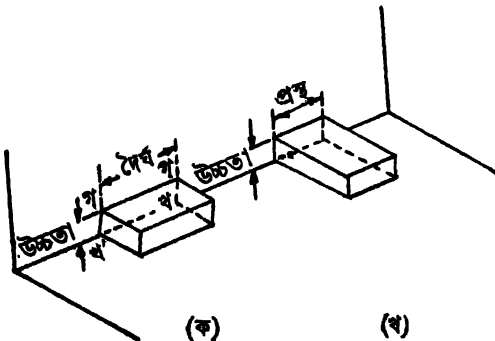
যে সকল বস্তুর কেবল দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ থাকে,—যেমন খুব পাতলা একটুকরা কাগজ,—তাহাদের নক্সা একটিমাত্র চিত্র দ্বারা সম্পন্ন হয়; এই নক্সাকে ইংরাজীতে plane figure বলে, (বাংলায় "একতলীয়" চিত্র বলিতে পারা যায়); [101 (ক) নং চিত্র]। এমন স্থলে ইহার পরিমাপ (dimensions; যথা, দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ) যথাযথ ভাবে (actual size, বা to scale) একই নক্সায় দেওয়া সম্ভব; আর যদি কোন "ঘন-বস্তু" (solid figure)-কে একটিমাত্র চিত্রে অঙ্কিত করার প্রয়াস করা যায়, তবে তাহাকে 101(খ) নং চিত্রের সাহায্যে অঙ্কিত করিতে হয়; কিন্তু তখন ঐ নক্সায় তাহার সমস্ত পরিমাপ (যথা দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, ও উচ্চতা কিংবা গভীরতা বা বেধ) যথাযথ অঙ্কিত করিতে পারা যায় না। এমন স্থলে তাহাকে "পরিপ্রেক্ষিত" (perspective) চিত্র দ্বারা প্রদর্শন করা হইয়া থাকে। কোন ঘন-বস্তুর সমস্ত পরিমাপ যথাযথভাবে নক্সায় প্রদর্শন করিতে হইলে তাহা "প্রক্ষেপ" (projection)-পদ্ধতির দ্বারা সম্পন্ন করা হইয়া থাকে; তখন একই বস্তুর প্রক্ষেপ-লব্ধ বিভিন্ন চিত্র অঙ্কিত করা হয়, আর সব চিত্রগুলির সমকালীন পর্যালোচনার দ্বারা বস্তুটির আকার ও পরিমাপের জ্ঞান লাভ হইয়া থাকে। বর্তমান পরিচ্ছেদে ইহারই আলোচনা করা হইবে।

(ক) একতলীয় চিত্র (Plane figure)

(খ) (ঘন-চিত্র) (Solid figure)

চিত্র নং 101

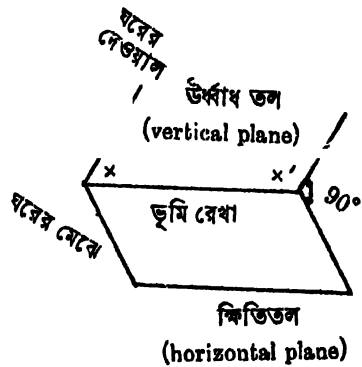
মনে কর, ঘরের মেঝের উপরে একটি দিয়াশলাইয়ের বাক্স পড়িয়া রহিয়াছে। যদি ঠিক উপর হইতে উহাকে দেখা যায়, কিম্বা মেঝের উপরে উহার চারিদিকে

পেন্সিল বুলান' যায়, তবে নক্সায় উহার দৈর্ঘ্য (কক' ও খখ') [102 নং চিত্র], এবং প্রস্থ (কখ ও ক'খ') যথাযথ-ভাবে অঙ্কিত হইবে। এখন যদি বাক্সটিকে তুলিয়া লওয়া যায়, তাহা মেঝের উপরে একটি আয়তক্ষেত্র অঙ্কিত থাকিতে দেখা যাইবে; অঙ্কনের ভাষায় ইহার ইংরাজী নাম "প্ল্যান" (plan) [বাংলায় "ক্ষিতি-প্রক্ষেপ"]। অন্যভাবেও ইহার বর্ণনা দেওয়া যায়; যখন সূর্য ঠিক মাথার উপরে থাকে, তখন কোন ঝুলান' পদার্থের যে ছায়া মাটিতে পড়ে, তাহাই উহার "প্ল্যান"। অতএব 'ভূমিতল' বা 'ক্ষিতিতল'-এর উপরে প্রক্ষেপকে "প্ল্যান" বলে।

প্ল্যান বা ক্ষিতি-প্রক্ষেপ কাহাকে বলে
চিত্র নং 102

এইবার দিয়াশলাইয়ের বাক্সটিকে সরাইয়া লইয়া দেওয়ালের সঙ্গে লাগাইয়া বাক্সের চারিদিকে পেন্সিল বুলাইলে দেওয়ালের উপরে (খগগ'খ'),—আর একটি আয়তক্ষেত্র অঙ্কিত হইবে; তাহাতে বাক্সের দৈর্ঘ্য ও উচ্চতা

এই চিত্রে দেওয়ালের গায়ে দৈর্ঘ্য ও উচ্চতা দেখা যাইতেছে।

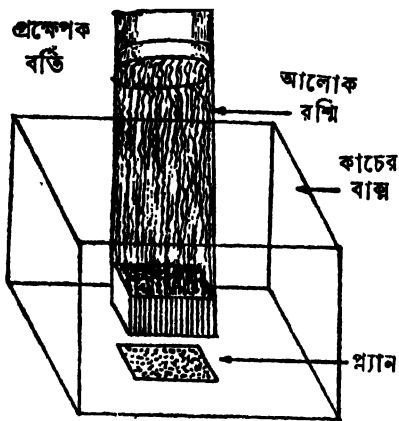
এই চিত্রে দেওয়ালের গায়ে প্রস্থ ও উচ্চতা দেখা যাইতেছে।

চিত্র নং 103

[103 (ক) চিত্র], কিংবা প্রস্থ ও উচ্চতা [103 (খ) চিত্র], যথাযথভাবে অঙ্কিত হইবে। অঙ্কনের ভাষায় ইহার ইংরাজী নাম "এলিভেশ্‌ন্" (elevation)। অতএব ঊর্ধ্বাধঃ-তলের উপরে প্রক্ষেপকে 'এলিভেশ্‌ন্' বলে। যদি বস্তুটির লম্বালম্বি দিকটি উহার সুমুখ দিক হয়, তবে সেই 'এলিভেশ্‌ন্'-কে "সুমুখের এলিভেশ্‌ন্" (front elevation ; বাংলায় "পুরোদৃশ্য"), এবং অপর 'এলিভেশ্‌ন্'-কে 'পাশের এলিভেশ্‌ন্' (side elevation) নাম দেওয়া যায়। ইহার বাংলা "পার্শ্ব-দৃশ্য"। অতএব, কোন বস্তুর ঠিক উপরে চক্ষু রাখিয়া উহার দিকে চাহিলে যে আকৃতি (figure) দেখা যায়, তাহাকে 'প্ল্যান' (plan) বা 'ক্ষিতি-প্রক্ষেপ', আর ঠিক সুমুখ দিকে চক্ষু রাখিয়া দৃষ্টি করিলে 'সুমুখের এলিভেশ্‌ন্ (front elevation), বা পুরোদৃশ্য, বলা হয়।

ঘরের মেঝের তলকে (horizontal plane) 'ক্ষিতিতল' বা 'অনুভূমিক তল', এবং দেওয়ালের তলকে (vertical plane) 'ঊর্ধ্বাধঃ-তল' বলে। অনুভূমিক বা ক্ষিতি-তলের সহিত ঊর্ধ্বাধঃ-তল যে রেখায় মিলিত হয়, তাহার নাম 'ভূমি-রেখা' (ground line)। ক্ষিতিতল, ঊর্ধ্বাধঃ-তল, ও ভূমি-রেখা বুঝাইবার জন্য একখানি কাগজ ব্যবহার করা যাইতে পারে। যদি একখানি কাগজকে লম্বালম্বি ভাঁজ করিয়া উহার একদিক খাড়া করিয়া অন্যদিক পাতিয়া রাখা যায়, তবে খাড়া অংশটা 'ঊর্ধ্বাধঃ-তল', মেঝেয় পাতা অংশটা 'ক্ষিতিতল', এবং ভাঁজের দাগ 'ভূমিরেখা' নির্দেশ করিবে। এই রীতি মানিয়া, কাগজকে ভাঁজ না করিয়াই,—শুধু তাহাতে একটি লম্বালম্বি রেখা টানিয়া, তাহাকে ভূমিরেখা, XX'- কিম্বা XY-রেখা, বলিয়া গণ্য করা হইয়া থাকে ;

কাগজ ভাঁজ করিয়া তাহার দ্বারা ঊর্ধ্বাধঃ-তল, ক্ষিতিতল ও ভূমিরেখা বুঝান'।
চিত্র নং 104

আর ঐ রেখার উপরের দিকে যে প্রক্ষেপ-চিত্র অঙ্কিত করা হয়, তাহাকে ‘এলিভেশ‌্ন্’, ও নীচের দিকের চিত্রকে ‘প্ল্যান’ বলা হয়। ইহাকে প্রথম-কোণ প্রক্ষেপ (First-Angle Projection)-ও বলে।

আরও একভাবে প্রক্ষেপ-এর ধারণা মনে বসাইয়া দেওয়া যাইতে পারে। মনে কর, কোন ঘন-বস্তু (solid figure)-কে একটি কাচের বাক্সের মধ্যে রাখিয়া

আলোক-রশ্মির সাহায্যে প্রক্ষেপ বুঝান'
চিত্র নং 105

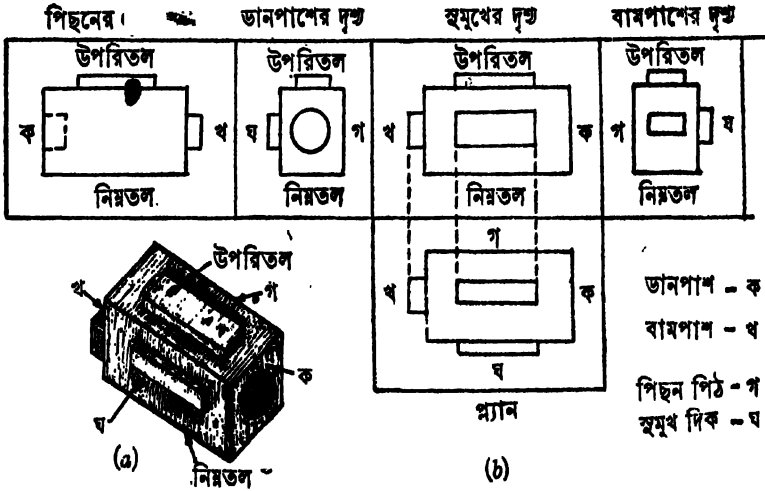
ঠিক উপর হইতে আলোকরশ্মি * পাত করা হইল; তখন বস্তুটির তলদেশে যে ছায়া পড়িল, তাহাই তাহার ‘ক্ষিতি-প্রক্ষেপ’ (plan); অতএব প্ল্যান ‘XY’-রেখার তলদেশে অঙ্কিত করিতে হইবে।

এখন যদি আলোকরশ্মিকে কাচের বাক্সের বাঁদিক হইতে প্রক্ষেপ করা যায়, তবে বস্তুর ছায়া বাক্সের ডানদিকের কাচের উপরে পড়িবে। ইহাকে “বাঁপাশের দৃশ্য” (left side elevation) বলে; এবং যেহেতু বাঁপাশ হইতে

---

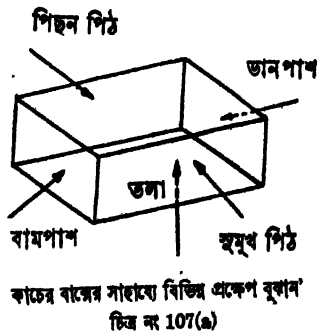
* এখানে সূর্য-রশ্মির মত সমান্তরাল আলোক-রশ্মি (parallel light-rays) ধরিয়া লওয়া হইতেছে।

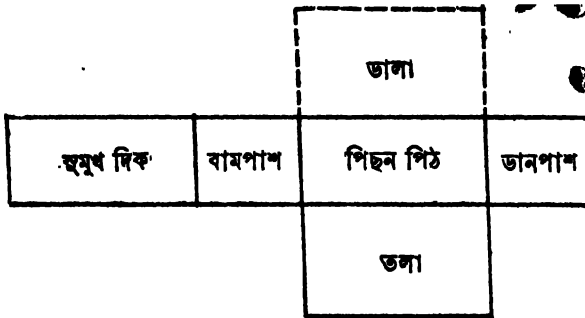
রশ্মি-পাত করিলে ছায়া বাক্সের ডানদিকে পড়ে, সেই কারণে বাঁপাশের এলিভেশ্‌ন্ স্বমুখের এলিভেশ্‌ন্-এর ডানদিকে, এবং ডানপাশের এলিভেশ্‌ন স্বমুখের এলিভেশ্‌ন্-এর বাঁদিকে অঙ্কিত করিতে হয়।

উদাহরণ স্বরূপ নীচের চিত্রটি পর্যবেক্ষণ কর।

চিত্র নং 106

মনে কর, একটি বাক্সের আকারের কাঠের ঘন-বস্তু (solid figure)-র প্রক্ষেপ-চিত্র অঙ্কিত করিতে হইবে। বস্তুটির পরিপ্রেক্ষিত (perspective) চিত্র নং 106(a)-তে দেওয়া হইল।

চিত্র হইতে দেখা যাইবে, বাক্সটির উপরে, স্বমুখে ও বাঁ পাশে একটি করিয়া কাঠের আয়তাকার টুকরা বাক্সের গা

কাচের বাক্সের সাহায্যে বিভিন্ন প্রক্ষেপ বুঝান'
চিত্র নং 107(a)

হইতে বাহির হইয়া আছে, আর ডানপাশে একটি গোলাকার 'ডোবর' (hollow) সামান্য দূর পর্যন্ত উহার গায়ের মধ্যে প্রবেশ করিয়াছে।

এখন মনে কর, একটি কাচের বাক্সের [চিত্র নং 107(*a*)] চারি পার্শ্ব (four faces) উহার তলা (base)-র সঙ্গে কব্জা দিয়া এমনভাবে তৈয়ারি যে, ইচ্ছামত উহাকে খুলিয়া ছড়াইয়া ফেলা যায়। যদি ঐ বাক্সকে ছড়ান' যায়, তবে

সব পার্শ্ব (sides) খুলিয়া-ফেলা কাচের বাক্স
চিত্র নং 107(b)

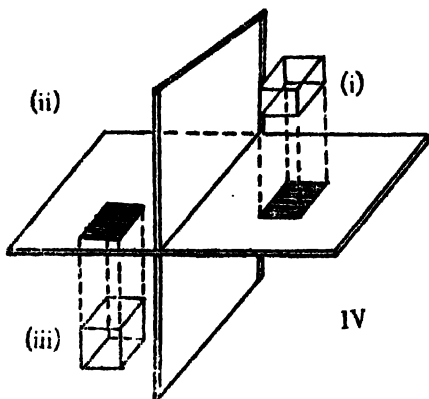
উহা [চিত্র নং 107(*b*)]-এর আকার ধারণ করিবে। তখন বাক্সের 'তলা' (base) পিছনপিঠের কাচের নীচে ঝুলিয়া পড়িবে, ডানপাশের কাচ খুলিয়া পিছন-পিঠের কাচের ডানদিকে গিয়া দাঁড়াইবে, এবং ডানপাশের কাচ হইতে সুমুখ পিঠের কাচ খুলিয়া গিয়া বাঁপাশের কাচকে মধ্যে লইয়া পিছনপিঠের কাচের সমরেখায় অবস্থান করিবে। কোন ঘন-বস্তু ছয়টি আয়তক্ষেত্রের সমবায়ে গঠিত বলিয়া, উহাকে খুলিয়া ছড়াইয়া দিলে চিত্র নং 107(*b*)-এরই আকার ধারণ করে ; উহাকে ইংরাজীতে Developed diagram বলে (বাংলায় **"বিবর্ধিত"** চিত্র বলা যাইতে পারে)। এখন যদি চিত্র নং 106(*a*)-তে প্রদর্শিত কাঠের ঘন-বস্তুটির উপরে এমনই কাচের বাক্স বসাইয়া সুমুখ হইতে দেখা যায়, তবে মনে হইবে যে বস্তুটির পুরোদৃশ্য (front elevation) বাক্সের পিছনপিঠের কাচের সঙ্গে লাগিয়া রহিয়াছে [চিত্র নং 106(*b*)-দেখ]। উহা হইতে দেখা যাইবে, (i) একটি বড় আকারের আয়তক্ষেত্র (rectangle)-এর উপরে একটি, ও উহার বাঁ-পাশে একটি ছোট আকারের আয়তক্ষেত্র লাগালাগি হইয়া বাহির হইয়া আছে, এবং বড়টির

মধ্যদেশেও একটি ছোট আয়তক্ষেত্র উহার সহিত সমান্তরাল ভাবে রহিয়াছে; ইহাই হইবে ঘন-বস্তুটির স্মুখের দৃশ্য বা "পুরোদৃশ্য" (Front elevation; বা Front view)। এই দৃশ্য হইতে ইহাও জানা গেল যে, বস্তুটির তলদেশ একেবারে সমতল [অর্থাৎ তলদেশে কোন ডোবর (hollow) বা অন্য কিছু নাই]। (ii) বস্তুটির ডানপাশে একটি 'ডোবর' থাকার জন্য পুরোদৃশ্যের ডানপাশের ঊর্ধ্বাধঃ-রেখার ভিতরদিকে ফুট্‌কি ফুট্‌কি একটি আয়তক্ষেত্র (rectangle) রহিয়াছে। যেহেতু ঘন-বস্তুটির ডানপাশের 'ডোবরটি' স্মুখের দৃশ্যে দৃষ্টিগোচর হইতেছে না,—অথচ ডানপাশের চিত্র হইতে উহা দেখা যায়, তাই এমন স্থলে ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা (dotted line) দিয়া আঁকা হয়। তাহা ছাড়া, ডোবরের আয়তক্ষেত্র ইহাও নির্দেশ করিতেছে যে, ইহার প্রস্থ সর্বজায়গায় সমান [অর্থাৎ ডোবরটি 'শঙ্কু' (cone)-এর আকারের নহে]। কিন্তু ঐ 'ডোবর' গোলাকৃতি কিনা তাহা এ দৃশ্য হইতে বুঝা যায় না; ইহা বুঝা যায় 'ডানপাশের' দৃশ্য হইতে। ডানপাশের চিত্র হইতে ইহার প্রস্থ ও উচ্চতা পাওয়া যাইবে। যে 'ডোবর'-এর কথা উল্লেখ করা হইতেছে, এক্ষণে দেখা যাইতেছে তাহা বৃত্তাকার; এবং এই বৃত্তের ব্যাসই 'ডোবর'-এর ব্যাস, এবং উহার গভীরতার পরিমাণ প্ল্যান কিম্বা পুরোদৃশ্যের ফুট্‌কি ফুট্‌কি আয়তক্ষেত্রের প্রস্থ মাপিলেই পাওয়া যাইবে। এই চিত্র হইতে দেখা যাইবে, বস্তুটির পিছন দিক মসৃণ (plain) বা সমতল। প্ল্যান কিংবা অন্য দৃশ্য হইতেও ইহা অবগত হওয়া যায়।

এইরূপে সব দৃশ্যগুলিকে এককালে পর্যালোচনা করিয়া বস্তুটির সম্পূর্ণ তথ্য নির্ণয় করা হয়, আর 'নক্সাকর' (Draughtsman) বিশেষরূপে বিবেচনা করিয়া, কোন্ চিত্রে কতগুলি দৃশ্য আবশ্যক, তাহা স্থির করিয়া থাকেন।

প্রথম-পাদ প্রক্ষেপ ও তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ
(First-Angle, and Third-Angle Projection)

যদি কোন বৃত্তকে একটি অনুভূমিক (horizontal) ব্যাস XX'-, ও একটি ঊর্ধ্বাধঃ (Vertical) ব্যাস YY'-এর দ্বারা চারিটি সমান পাদ (quadrant)-এ ভাগ

করা যায়*, তবে 0°-90° (অর্থাৎ X'OY সমকোণ) পর্যন্ত বৃত্তখণ্ডকে বৃত্তের **প্রথম পাদ** (1st Quadrant বা 1st-Angle), 91°-180° (অর্থাৎ YOX সমকোণ) পর্যন্ত বৃত্তখণ্ডকে **দ্বিতীয় পাদ** (2nd Quadrant বা 2nd Angle), 181°-270° (অর্থাৎ XOY' সমকোণ) পর্যন্তকে **তৃতীয় পাদ** (3rd Quadrant বা 3rd-Angle), আর 271°-360° (অর্থাৎ Y'OX' সমকোণকে) **চতুর্থ পাদ** (4th Quadrant বা 4th-Angle) বলে।

প্রথম-পাদ ও তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ বুঝান'
চিত্র নং 108

সেইরূপ, যদি কোন শূন্য স্থান (Space)-কে এক ঊর্ধ্বাধঃ-তল (Vertical plane)-ও এক অনুভূমিক তল (horizontal plane) দিয়া ছেদ করা হইয়াছে বলিয়া অনুমান করা যায়, তবে তাহাতেও চারিটি **পাদ** (Quadrant বা Angle)-এর উদ্ভব হয় বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়, আর ঠিক 'বৃত্ত-পাদ'-এর মত তাহাদেরও **পাদ** বলা হইয়া থাকে। এমনই 'প্রথম-পাদ'-এর শূন্যের (space) মধ্যে কোন ঘনক (cube)-কে অবস্থিত বলিয়া কল্পনা করিয়া ভূমিতলের উপরদিক হইতে দেখিলে তাহার 'প্ল্যান' (বা ক্ষিতি-দৃশ্য) উহার নীচের দিকে, এবং তৃতীয় পাদ-এর শূন্যের মধ্যে ঘনককে অবস্থিত বলিয়া মনে করিয়া উপর হইতে দেখিলে তাহার 'প্ল্যান' উপরের দিকে অবস্থান করিবে

* গ্রন্থকার প্রণীত "সাধারণ যন্ত্রশিল্প ও অঙ্কন" [class IX-এর পাঠ্য] পুস্তকের 'কোণের আয়তন'-শীর্ষক দফা দ্রষ্টব্য।

চিত্র অঙ্কনের পদ্ধতি :

ভিন্ন ভিন্ন পদ্ধতিতে চিত্র অঙ্কিত করা হইয়া থাকে। তাহাদিগকে ইংরাজীতে Perspective, Orthographic projection, Isometric projection, প্রভৃতি বলে।

যদি কোন ঋজু ও সমান প্রস্থ-বিশিষ্ট সমতল পথের দিকে চাহিয়া থাকা যায়, তবে উহা যেন ক্রমশঃ সরু হইয়া গিয়াছে, ও সঙ্গে সঙ্গে উপরের দিকে উঠিতেছে বলিয়া চক্ষে প্রতিভাত হইবে। যেমনটি দেখা গেল, যদি ঠিক তেমনিটি চিত্রে অঙ্কিত করা যায়, তবে তেমন চিত্রকে **পরিপ্রেক্ষিত (Perspective)** দৃশ্য বলে। সাধারণ ছবি, থিয়েটারের সিন, প্রভৃতি এই পদ্ধতিতে অঙ্কিত।

যদি ঘরের দেওয়ালের সুমুখে কোন একটি বস্তুকে ধরিয়া দর্শক তাঁহার একটি চক্ষু বুজিয়া অন্য চক্ষুটি ঐ বস্তুর সীমা-রেখা (contour)-র প্রত্যেক বিন্দুর সমরেখায় পরে পরে রাখিয়া দেওয়ালে দাগ দেন, তবে দেওয়ালে যে চিত্র অঙ্কিত হয়, তাহাকে 'প্রক্ষেপিত চিত্র' (projected view) বলে ; আর এক্ষেত্রে দর্শকের দৃষ্টি দেওয়ালের সমতলের অনুলম্ব (perpendicular) ভাবে পতিত হইতেছে বলিয়া ইহার নাম **'অর্থোগ্র্যাফিক প্রোজেক্‌শন্'** [**(Orthographic Projection)**; বাংলায় **'অনুলম্ব প্রক্ষেপ'**] বলে। ইহার অন্য নাম **'অর্থোগোন্যাল প্রোজেক্‌শন্' (Orthogonal Projection)**। বাড়ী, যন্ত্রপাতি, প্রভৃতির নক্সাতেই এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

প্রথম- ও তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপের প্রভেদ ও ব্যবহার :

প্রথম-পাদ প্রক্ষেপ ও তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপের মধ্যে প্রভেদ এই যে, প্রথম-পাদ প্রক্ষেপ প্রণালীতে প্রত্যেক দৃশ্য, (যথা প্ল্যান, পুরোদৃশ্য প্রভৃতি), প্রক্ষেপিত বস্তুর পিছনদিকে অঙ্কিত হইবে (চিত্র নং 108, উপরের ও ডানপাশের দৃশ্য) ; আর তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ প্রণালীতে প্রত্যেক দৃশ্য, বস্তু ও দর্শকের মধ্যে অঙ্কিত হইবে *

---

* **Indian Standards Institution-এর নির্দেশের ভাষায়,—**

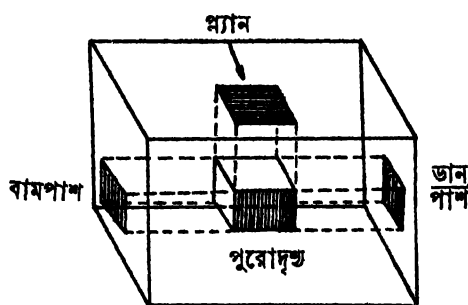
"*First Angle Projection* is that in which each view is so placed that it represents the side of the object remote from it in the adjacent view" ;

আর—

"*Third Angle Projection* is that in which each view is so placed that it represents the side of the object near to it in the adjacent view".

(Specification No. I S : 696—1955)

(ঐ চিত্রের নীচের ও বামপাশের দৃশ্য)। দ্বিতীয় প্রণালীর সুবিধা এই যে, ইহাতে বাম-পার্শ্বের দৃশ্য পুরোদৃশ্যের বামপার্শ্বে, এবং দক্ষিণপার্শ্বের দৃশ্য পুরোদৃশ্যের দক্ষিণপার্শ্বে অঙ্কিত হওয়ায়, বুঝিতে, পড়িতে, এবং মাপাঙ্ক (dimensions) সন্নিবেশ করিতে অধিকতর সুবিধা হয়। বর্তমান শতাব্দীর গোড়ার দিকে যন্ত্রশিল্পের নক্সায় ইউরোপে প্রথম-পাদ প্রক্ষেপ-প্রণালী, আর আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ-প্রণালী ব্যবহার হইত; কিন্তু ক্রমে ক্রমে ইহার ব্যবহার সকল দেশেই বিস্তার লাভ করিয়াছে। এখন উভয় প্রণালীতে অঙ্কিত নক্সাই ব্যবহৃত হইতেছে। ভারত গভর্ণমেণ্ট এই তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ প্রণালীই সকলকে যথাসম্ভব ব্যবহার করিতে নির্দেশ দিয়াছেন। [Para 9'3, I S : Specification 696—1955].

উপরের এই পার্থক্যটি ঠিকভাবে বুঝিয়া লইলে, আর কোন গণ্ডগোলের কারণ নাই; কিন্তু প্রক্ষেপ-দৃশ্য অঙ্কনের সময় দুই প্রণালীর প্রক্ষেপ মিলাইয়া ফেলিলে চলিবে না; মনে রাখিতে হইবে, নক্সার আরম্ভ হইতে শেষ পর্যন্ত, হয় প্রথম-পাদ, আর না হয় তৃতীয়-পাদ প্রণালী-মত, প্রক্ষেপ-রীতি অবলম্বন করিতে হইবে।

তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ বুঝান'
চিত্র নং 109

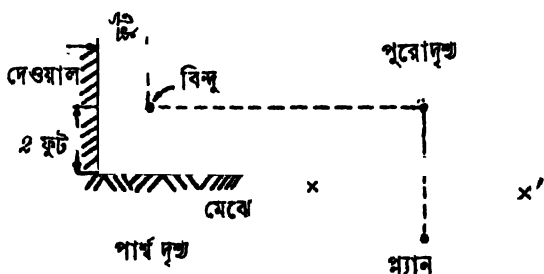
106 নং চিত্রে যেমন ভাবে প্রথম-পাদ প্রক্ষেপ বুঝান' হইয়াছে, ঠিক তেমনি ভাবে তৃতীয়-পাদ প্রক্ষেপ বুঝান' যাইতে পারে। একটি কাচের বাক্সের মধ্যে এক ঘনক (cube)-কে রাখিয়া এক চক্ষু বুজিয়া অন্য চক্ষু দিয়া উপর হইতে দেখিলে মনে হইবে যে, ঐ ঘনকের উপরের পিঠটি বাক্সের ঢাকনির কাচের নীচের পিঠের সঙ্গে লাগালাগি ভাবে আছে। এখন, ক্ষিতিতলের উপরে যে প্রক্ষেপ-চিত্র

তাহাকে যদি 'প্ল্যান' বলা সাব্যস্ত হয়, তবে এই দ্বিতীয় পদ্ধতিতে প্ল্যানে বস্তুটি পুরোদৃশ্যের উপরদিকে থাকিবে বলিতে হইবে; এবং এই যুক্তি মানিয়া চলিলে, বস্তুটির বামপার্শ্বের প্রক্ষেপ-দৃশ্য বাক্সের বামদিকের কাচের ভিতরে, এবং দক্ষিণ-পার্শ্বের প্রক্ষেপ-দৃশ্য ডানদিকের কাচের ভিতরে দেখা যাইবে।

বিন্দু, রেখা, ও একতলীয় আকৃতির প্রক্ষেপ
(Projection of Points, Lines, and Plane figures)

বিন্দুর প্রক্ষেপ:

যাহার অস্তিত্ব আছে অথচ পরিমাপ (dimensions) নাই, এমন ক্ষুদ্রতম পদার্থের নাম **"বিন্দু" (Point)**। সূচের অগ্রভাগটুকু **বিন্দু**; কিংবা সূচাল' পেন্সিল দিয়া কাগজকে স্পর্শ করিলে যে দাগ পড়ে, তাহাকেই বিন্দু বলিয়া ধরা যাইতে পারে। যদি এমনই একটি বিন্দুকে ঘরের মধ্যে শূন্যে ঝুলাইয়া রাখিয়া উপর হইতে এক চক্ষু বুজিয়া দেখা যায়, তবে মনে হইবে বিন্দুটি মেঝের উপরে

বিন্দুর প্রক্ষেপ; প্ল্যানের বিন্দুটি XX'-রেখার 1-ফুট নীচে
চিত্র নং 110

রহিয়াছে, অতএব **বিন্দুর প্ল্যান "বিন্দু"**। তেমনি যদি সুমুখদিক হইতে উহাকে দেখা যায়, তবে মনে হইবে উহা দেওয়ালের গায়ে অর্থাৎ ঊর্ধ্বাধঃ সমতলে লাগিয়া রহিয়াছে; অতএব **বিন্দুর পুরোদৃশ্য (elevation)-ও "বিন্দু"**। এখন যদি বিন্দুটি মেঝে হইতে 2 ফুট উচ্চে ও দেওয়াল হইতে 1 ফুট দূরে রাখা থাকে, তবে নক্সায় ভূমিরেখা XX' হইতে প্ল্যানে উহা 1 ফুট

দূরে, ও পুরোদৃশ্যে XX′-রেখা হইতে 2 ফুট উপরে দেখা যাইবে। ইহাই বিন্দুর প্রক্ষেপ।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** বিন্দুটি মেঝে হইতে 2 ফুট দূরে আছে বলিয়া, **পুরোদৃশ্য** (elevation)-এ বিন্দুটিকে ভূমিরেখা XX′-এর 2 ফুট (বামদিকের পার্শ্বদৃশ্য), এবং উহা **দেওয়াল** হইতে 1 ফুট দূরে আছে বলিয়া **প্ল্যান** (plan)-এ XX′-রেখার 1 ফুট নীচে অঙ্কিত করিতে হইবে। প্রক্ষেপ-রেখাগুলি ফুট্‌কি ফুট্‌কি বা "বিচ্ছিন্ন" (broken) রেখা দিয়া দেখান' হইয়া থাকে, এবং বস্তুর যে রেখা বা অংশ দৃষ্টি-পথের আড়ালে পড়ে, তাহাও ফুট্‌কি ফুট্‌কি বা বিচ্ছিন্ন রেখার দ্বারা আঁকা হয়।]

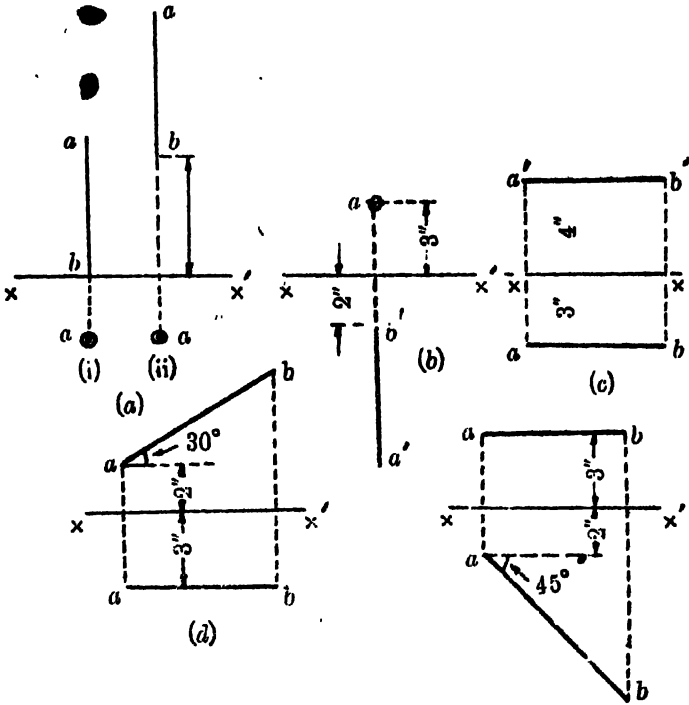
সরল রেখার প্রক্ষেপ :

বিস্তার বিহীন দৈর্ঘ্যের নাম রেখা। অতএব যদি বহুসংখ্যক বিন্দুকে একের এক করিয়া ঘেঁষাঘেঁষি রাখা যায়, তবে একটি রেখার উৎপত্তি হইবে ; এবং যদি ঐ বিন্দু সকল ঋজুভাবে একের পর এক ব্যবস্থিত থাকে, তবেই তাহা সরলরেখা হয়। সুতরাং যদি কোন সরলরেখা শয়ান অবস্থায় (in horizontal position) থাকে, তবে অবস্থান-বিশেষে তাহার প্রক্ষেপ নিম্নের চিত্রগুলির মত হইবে।

চিত্র 111 (a) (i) : এখানে *ab*-সরল রেখাটি ভূমিরেখার উপরে উহার সহিত লম্বভাবে রহিয়াছে (যেন ঘরের মেঝের উপরে দেওয়াল হইতে কিছু দূরে একটি লম্বা খুব সরু তারকে খাড়া করিয়া দাঁড় করাইয়া রাখা হইয়াছে)। অতএব সুমুখদিক হইতে দেখিলে, উহাকে একটি ঊর্ধ্বাধঃ সরলরেখাই দেখা যাইবে ; আর ইহাই হইবে এই রেখার পুরোদৃশ্য (elevation)। এইবার যদি রেখার ঠিক উপরে একটি চক্ষু রাখিয়া দেখা যায়, তবে মাত্র একটি বিন্দু নজরে আসিবে, এবং মনে হইবে যেন ঐ বিন্দু মেঝের উপরে রহিয়াছে ; অতএব এই রেখার প্ল্যান (plan) একটি বিন্দুমাত্র।

চিত্র a(ii) : কিন্তু যদি রেখাকে ভূমিরেখা হইতে কিছু উর্ধ্বে রাখা যায়, তবে পুরোদৃশ্যে রেখার *b*-প্রান্ত XX′-রেখা হইতে কিছু উর্ধ্বে অবস্থান করিবে, সুতরাং উহার *a*-প্রান্তও ভূমিরেখা হইতে আরও ততটা উঁচুতে

থাকিবে ; কিন্তু প্ল্যানে যে বিন্দু দেখা যাইবে, তাহা (i) চিত্রে প্রদর্শিত-মত XX'-রেখা হইতে সমান দূরেই থাকিবে।

চিত্র (b) : এখানে একটি সরলরেখাকে শূন্যে শয়ানভাবে এমন করিয়া ঝুলাইয়া রাখা হইয়াছে যে, উহা ঘরের মেঝে হইতে 3 ইঞ্চ উচ্চে এবং উহা দেওয়াল হইতে 2 ইঞ্চ দূরে, ও দেওয়ালের লম্বভাবে রহিয়াছে।

চিত্র নং 111

এই রেখার প্রক্ষেপ-চিত্র অঙ্কন করিতে হইলে, প্রথমে XX'-রেখা আঁকিয়া তাহার উপরের দিকে 3 ইঞ্চ দূরে একটি বিন্দু হইবে, কেননা রেখাটি দেওয়ালের লম্বভাবে থাকায় সম্মুখ দিক হইতে উহাকে একটি বিন্দুর আকারে দেখা যাইবে ; তাই ইহাই এই সরলরেখার পুরোদৃশ্য।

এইবার ঐ বিন্দু হইতে XX'-রেখার উপরে ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা দিয়া লম্ব ভাবে উর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখা পাত করিয়া উহাকে ভূমিরেখার নীচের দিকে বর্ধিত করিতে হইবে; এবং রেখা দেওয়াল হইতে 2 ইঞ্চ দূরে আছে বলিয়া, XX'-রেখা হইতে 2 ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা টানিয়া, পরে *a b* রেখার দৈর্ঘ্য অনুযায়ী স্পষ্ট অবিচ্ছিন্ন রেখা (firm line) দিয়া *a'b'* অঙ্কিত করিতে হইবে।

(দ্রষ্টব্য: এমন স্থলে, প্রদত্ত-বস্তুর বিন্দু সকলকে *a*, *b*,... প্রভৃতি অক্ষর দিয়া, এবং উহার প্রক্ষেপ-লব্ধ বিন্দু সকলকে, যথাক্রমে, *a'*, *b'*,... দিয়া, কিংবা প্রথমটিকে A, B,..., এবং অপরদিকে *a*, *b*,... অথবা A',B', ... ইত্যাদি অক্ষর দিয়া নির্দেশ করা হইয়া থাকে।)

চিত্র (c): কোন সরলরেখা *ab*, উর্ধ্বাধঃ-তল হইতে 3" ইঞ্চ দূরে, এবং অনুভূমিক তল হইতে 4" ইঞ্চ উর্ধ্বে শয়ানভাবে (horizontally), এবং প্রত্যেক তলের সমান্তরালে অবস্থিত আছে; ইহার প্রক্ষেপ-দৃশ্য অঙ্কিত করিতে হইলে, প্রথমে XX'-রেখা অঙ্কিত কর; পরে ঐ *ab*-রেখা উর্ধ্বাধঃ-তল হইতে 3 ইঞ্চ দূরে এবং ঐ তলের সমান্তরালে আছে বলিয়া, XX'-রেখা হইতে 3 ইঞ্চ নীচে ও তাহার সমান্তরালে *ab*-রেখা টানিতে হইবে। ইহাই চিত্রের প্ল্যান।

এইবার *ab*-রেখার *a* ও *b* প্রান্ত হইতে উর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখা XX'-ভূমি রেখা পর্যন্ত উত্তোলিত কর, ও উপরদিকে তাহাদের আরও 4 ইঞ্চ বর্ধিত করিয়া *a'b'*-এই সরল রেখার দ্বারা যোগ কর।

অতএব এক্ষেত্রে, অর্থাৎ পুরোদৃশ্যে, *ab*-সরলরেখার প্রক্ষেপ *a'b'* সরলরেখা।

চিত্র (d): কোন সরলরেখা *ab*, ভূমিতলের সহিত 30°-ডিগ্রি আনতি (inclination)-তে, উহার নিম্নপ্রান্ত ভূমিতল হইতে 2 ইঞ্চ উর্ধ্বে, এবং উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে অবস্থান করিতেছে; ইহার প্রক্ষেপ-চিত্র অঙ্কিত কর।

এক্ষেত্রে প্রথমে *ab*-রেখার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করিয়া, তাহার পর উহার প্ল্যান অংকিত করিতে হইবে।

যথারীতি XX'-রেখা অঙ্কিত কর, এবং উহার উপরের দিকে 2 ইঞ্চ দূরে

একটি বিন্দু লও; ইহাই *ab*-রেখার *a*-বিন্দু। ঐ বিন্দু হইতে একটি ফুট্‌কি ফুট্‌কি শয়ান রেখা অঙ্কিত কর, ও এইবার প্রোট্র্যাক্‌টার বা "চাঁদা" দিয়া শয়ান রেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে একটি রেখা *ab* টানিয়া এক কোণ রচনা কর। এই *ab*-রেখাই প্রদত্ত রেখার পুরোদৃশ্য (elevation)। অতঃপর *a* ও *b* বিন্দুদ্বয় হইতে ফুট্‌কি ফুট্‌কি দুইটি প্রক্ষেপ-রেখা লম্বভাবে XX′-রেখার উপরে পাতিত কর ও তাহাদের নীচের দিকে বর্ধিত কর। [এই প্রক্ষেপ রেখাদ্বয়কে XX′-রেখার নীচে কতদূর বর্ধিত করিতে হইবে, যদি প্রশ্নে তাহা দেওয়া থাকে ত ভাল; নহিলে উহাকে যতটা ইচ্ছা ততটা নামাইলেই চলিবে; এখানে চিত্রে 3″ ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত দেখান' আছে)। ইহাদের প্রান্তদ্বয় যোগ করিলে XX′-রেখার সমান্তরালে যে শয়ান রেখা পাওয়া যাইবে, তাহাই প্রদত্ত রেখার প্ল্যান *a b*।

(দ্রষ্টব্য : প্ল্যানের রেখার দৈর্ঘ্য মাপিয়া দেখিলে দেখা যাইবে, উহা পুরোদৃশ্যের *ab*-রেখা অপেক্ষা হ্রস্বতর।)

চিত্র (e) : সরলরেখা *ab*-র অবস্থান চিত্র (*d*)-এরই অনুরূপ, তবে এক্ষেত্রে রেখাটি ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-কোণে আনত, ও উহার নিম্নপ্রান্ত ভূমিরেখা হইতে 2 ইঞ্চ দূরে অবস্থিত; সঙ্গে সঙ্গে রেখাটি ভূমিতলের সমান্তরালে, ও উহা হইতে 3 ইঞ্চ ঊর্ধ্বে অবস্থিত। ইহার প্রক্ষেপ-চিত্র অঙ্কিত করিতে হইবে।

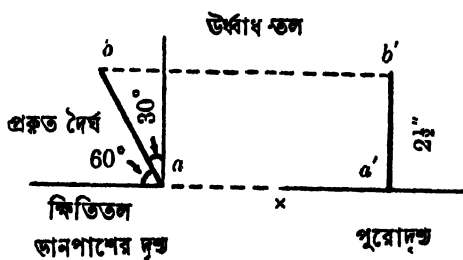
XX′-রেখার 2″ ইঞ্চ নীচে *a*-বিন্দু লও, ও উহা হইতে XX′-রেখার সমান্তরালে এক ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা আঁক। ঐ রেখার সহিত 45°-ডিগ্রি আনতিতে *ab*-রেখা আঁক। *a* ও *b* হইতে দুইটি ফুট্‌কি ফুট্‌কি প্রক্ষেপ ঊর্ধ্বাধঃ-রেখা XX′-রেখা পর্যন্ত উত্তোলন করিয়া, ঐ রেখাদ্বয়কে 3″ ইঞ্চ উপর পর্যন্ত লইয়া যাও, এবং উহাদের প্রান্ত-বিন্দুদ্বয়কে *ab*,—এই শয়ান রেখার দ্বারা যুক্ত কর।

প্রক্ষেপ-চিত্র হইতে প্রদত্ত রেখার প্রকৃত দৈর্ঘ্য (true length) বাহির করিবার উপায় :

ইহা করিতে হইলে, দুইটি দৃশ্যের সমবায়ে (যথা প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য), একটি পার্শ্বচিত্র (side view) অঙ্কিত করিতে হয়; তখন তাহা হইতে প্রদত্ত রেখার

প্রকৃত দৈর্ঘ্য ধরা পড়ে। কখন কখন এই পার্শ্বদৃশ্য অঙ্কিত না করিলেও চলে। উদাহরণ স্বরূপ চিত্র নং 111 (d)-এর উল্লেখ করা যাইতে পারে। এখানে দেখা যাইবে, রেখার প্ল্যান নীচের ab-রেখা। তাহার অর্থ এই যে, যদি উপরের ab-কে $2\frac{1}{2}''$ করিয়া টানা যায়, তবে নীচের ab-কে মাপিলে উহা 2·165″ ইঞ্চ হইবে। এখন যদি বিষয়টিকে উহার বিপরীত ক্রমানুসারে গ্রহণ করা যায়,—অর্থাৎ যদি রেখার প্ল্যান 2·165″ইঞ্চ, এবং উহার অপরাপর জ্ঞাতব্য বিষয় চিত্র (d)-এর মত দেওয়া থাকে, তবে প্রথমে সরলরেখাকে 2·165″ ইঞ্চ করিয়া প্ল্যানে অঙ্কিত করিয়া, উহাকে উর্ধ্বাধঃ-তলে প্রক্ষেপ করিয়া ভূমিরেখা হইতে 2″ ইঞ্চ উপরের a-বিন্দু হইতে ভূমিরেখার সহিত 30°-আনতিতে এক রেখা অঙ্কিত করিলে যে বিন্দুতে উহা b-বিন্দু হইতে উত্তোলিত প্রক্ষেপ-রেখাকে ছেদ করিবে, তত পর্যন্ত দূরত্বই রেখার প্রকৃত দৈর্ঘ্য হইবে, ও উহাকে মাপিলে ঠিক $2\frac{1}{2}''$ ইঞ্চ পাওয়া যাইবে।

পার্শ্ব-দৃশ্য (Side-elevation)-এর সাহায্যে প্রকৃত দৈর্ঘ্য বাহির করা :

মনে কর, কোন রেখার পুরোদৃশ্য (front elevation) $2\frac{1}{2}''$ ইঞ্চ ; ঐ রেখা উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রি, ও ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে

পার্শ্বদৃশ্য হইতে প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্ণয়
চিত্র নং 112

অবস্থিত আছে ; রেখাটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে হইবে। চিত্রের পাশের দৃশ্য হইতে রেখাটির অবস্থান যথাযথ বুঝা যাইবে। এই চিত্র হইতে দেখা যাইবে,

$a'b'$-রেখা প্রদত্ত পুরোদৃশ্য, আর পার্শ্বচিত্রে প্রদর্শিত ab-রেখা ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রি, ও ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত (90°-60° =) 30°-কোণে আনত রহিয়াছে। এইবার পুরোদৃশ্যের ভূমিতলের সহিত সমরেখায় পার্শ্বদৃশ্যের ভূমিরেখা আঁকিয়া, পুরোদৃশ্যের b'-বিন্দু হইতে এক শয়ান প্রক্ষেপ-রেখার দ্বারা ab-রেখাকে b-বিন্দুতে ছেদ কর। ইহাই হইল রেখার প্রকৃত দৈর্ঘ্য। মাপিলে দেখা যাইবে উহা 2·88″-ইঞ্চ দীর্ঘ।

একতলীয় ক্ষেত্র (Plane figure)-এর প্রক্ষেপ :

যে ক্ষেত্রের আয়তন (area) আছে কিন্তু গভীরতা (depth) নাই, তাহাকে একতলীয় ক্ষেত্র (plane figure) বলে। একখানি পাতলা কাগজের উপরে যে-কোন আকারের চিত্র আঁকিলে তাহাকে একতলীয় ক্ষেত্র বলা যাইবে। কাগজে কাটা জ্যামিতির ত্রিভুজ, বর্গক্ষেত্র, আয়তক্ষেত্র, বহুভুজ, প্রভৃতি একতলীয় ক্ষেত্রের নিদর্শন। ইহাদের আয়তন বা ক্ষেত্রফল (surface area) আছে, কিন্তু গভীরতা (depth) নাই।

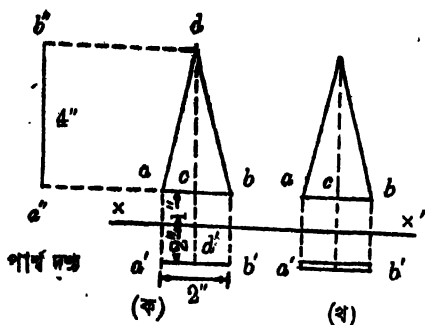
ত্রিভুজের প্রক্ষেপ :

কোন সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ ভূমিরেখা হইতে 1″ ইঞ্চ উপরে এমন ভাবে রক্ষিত আছে যে, উহার আধার (base) ভূমিরেখার সহিত সমান্তরাল ; আধারের দৈর্ঘ্য 2″ ইঞ্চ, ও ত্রিভুজের ঊর্ধ্বাধঃ উচ্চতা (vertical height) 4″ ইঞ্চ। ত্রিভুজটি ঊর্ধ্বাধঃ-তল হইতে 2″ ইঞ্চ দূরে অবস্থিত, ও উহার তল (plane) ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরাল।

XX′-রেখার 1″-ইঞ্চ উপরে, উহার সমান্তরালে 2″-ইঞ্চ দীর্ঘ ab-রেখা [চিত্র নং 113 (ক)] ত্রিভুজের আধার ; উহার মধ্যবিন্দু c হইতে 4″ ইঞ্চ উচ্চ লম্ব cd উত্তোলন করিয়া ad ও bd সংযুক্ত করায় adb সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ রচিত হইয়াছে।

এখন a ও b বিন্দুদ্বয় হইতে XX′-রেখারও 2″ ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত প্রক্ষেপ টানিয়া a' ও b' যোগ করিলে ত্রিভুজের প্রক্ষেপ চিত্র সম্পূর্ণ হইবে। চিত্র হইতে

দেখা যাইবে, ত্রিভুজের প্ল্যানে $a'b'$-এর দৈর্ঘ্য 2", এবং যদি উহার পাশের চিত্র অঙ্কিত করা যায়, তবে উহা এক ঊর্ধ্বাধঃ সরলরেখা ($a''b''$) হইবে ও উহার দৈর্ঘ্য 4" ইঞ্চ হইবে।

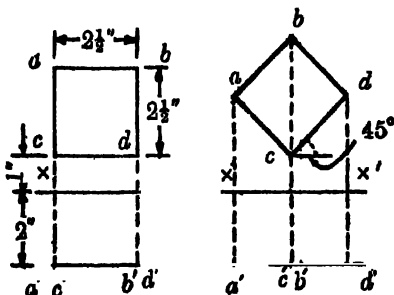
চিত্র নং 113

[দ্রষ্টব্য: সমতল ক্ষেত্রের গভীরতা নাই বলিয়া প্ল্যান-এর (ক)-চিত্রে উহা মাত্র $a'b'$-রেখার দ্বারা সূচিত হইয়াছে; কিন্তু যদি বিন্দু-মাত্র গভীরতা (thickness or depth) থাকিত, তবে চিত্র (figure) আর "একতলীয়" থাকিত না; তখন তাহাকে "ঘনক্ষেত্র" বলা হইত, আর তখন তাহার প্ল্যান (খ)-চিত্রের মত হইত]

বর্গক্ষেত্রের প্রক্ষেপ:

সম্পাদ্য 1.

যদি $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের একটি বাহু ভূমিরেখা হইতে 1" ইঞ্চ উপরে, ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে, ও উহা হইতে 2" ইঞ্চ দূরে অবস্থান করে, তবে

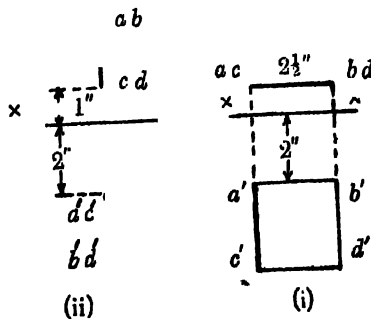
(i) তাহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ বাহু বিশিষ্ট একটি চতুর্ভুজ বর্গক্ষেত্র $acdb$, XX'-রেখার 1" ইঞ্চ উপরে এমনভাবে অঙ্কিত কর, যাহাতে উহার cd-বাহু XX'-রেখার সমান্তরালে থাকে। এইবার উহার c ও d বিন্দু হইতে প্রক্ষেপ-রেখা XX'-রেখার

চিত্র নং 114

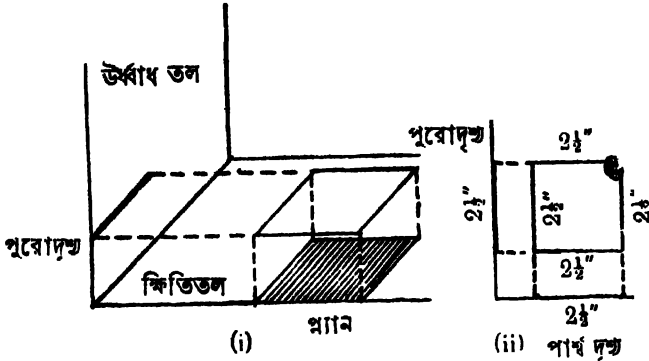
2" ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত লম্বিত কর। এখন একতলীয় ক্ষেত্রের (plane figure) বেধ (thickness) নাই বলিয়া, ভূমিরেখা হইতে 2" ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত যে দুইটি প্রক্ষেপ-রেখা আঁকা হইয়াছে, তাহাদের অগ্রভাগ স্পর্শ করিয়া এক শয়ান রেখা $a'c'$-$b'd'$ অঙ্কিত কর ; ইহাই এই বর্গক্ষেত্রের প্ল্যান।

(ii) যদি বর্গক্ষেত্রের পুরোদৃশ্যে cd-বাহু ভূমিরেখা XX' হইতে 45°-ডিগ্রিতে আনত থাকে, তবে তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : প্রথমে XX'-ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া, উহা হইতে 1" ঊর্ধ্বে অবস্থিত c-বিন্দু হইতে 45°-ডিগ্রি আনতিতে *acdb* বর্গক্ষেত্রের $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দীর্ঘ *cd* বাহু অঙ্কিত কর, ও তাহার উপরে *cdba* এক বর্গক্ষেত্র গঠন কর। এইবার XX'-ভূমিরেখার 2"-ইঞ্চ নীচে, ও উহার সমান্তরালে এক সরলরেখা অঙ্কিত করিয়া পুরোদৃশ্যের *a*, (*cb*) ও *d* হইতে ঐ রেখার উপরে, যথাক্রমে, a', ($c'b'$), ও d', এই প্রক্ষেপ-রেখাগুলি পাতিত কর ; তাহা হইলে এই a' $c'b'$ d' রেখা ঐ চতুর্ভুজের প্ল্যান হইবে [114 নং চিত্রের ডানপার্শ্বের দৃশ্য]।

(iii) যদি উপরের বর্গক্ষেত্রকে XX'-ভূমিরেখার 1" ইঞ্চ উপরে ও ঊর্ধ্বাধঃ তলের লম্বভাবে এবং উহা হইতে 2"-ইঞ্চ দূরে রাখা যায়, তবে তাহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 115

[দ্রষ্টব্য : এ প্রশ্নের সমাধানে দুইটি চিত্র হইতে পারে। প্রথম, বর্গক্ষেত্রটি ঊর্ধ্বাধঃ-তলের লম্বভাবে অবস্থিত বটে, কিন্তু ভূমিতলের সমান্তরালে অবস্থিত ;

আর দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, বর্গক্ষেত্রটি উর্ধ্বাধঃ তল ও ভূমিতল, দুয়েরই লম্বভাবে অবস্থিত। পার্শ্ব-দৃশ্য [চিত্র নং 115 (i) ও (ii)] হইতে ইহা স্পষ্ট প্রতীয়মান হইবে]।

প্রক্ষেপ করিলে একতলীয় চিত্র (Plane figure)-কে যেমন দেখায়, তাহার দৃশ্য।

চিত্র নং 116

অঙ্কন : (a) [চিত্র নং 115 (i)] ; প্রথমে ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া, উহা হইতে 1" ইঞ্চ উপরে ও উহার সমান্তরালে 2½" ইঞ্চ দৈর্ঘ্যের $ac-bd$ সরলরেখা ঐ বর্গক্ষেত্রের পুরোদৃশ্য হিসাবে অঙ্কিত কর। এইবার ঐ রেখার দুই প্রান্ত হইতে দুইটি প্রক্ষেপ রেখা, XX'-রেখা ভেদ করিয়া 2"-ইঞ্চ নীচে পর্যন্ত বর্ধিত কর ; ইহার দুই প্রান্তবিন্দু স্পর্শ করিয়া XX'-রেখার সমান্তরালে একটি রেখা টানিলে তাহা $a'b'$,—অর্থাৎ চতুর্ভুজ ক্ষেত্রের এক বাহু হইবে। অতঃপর প্রক্ষেপ-রেখা দুইটিকে আরও 2½" ইঞ্চ বর্ধিত করিলে c' ও d' কোণদ্বয় পাওয়া যাইবে ; এবং এই দুইটিকে সংযুক্ত করিলে চতুর্ভুজের আর একটি বাহু $c'd'$ পাওয়া যাইবে। সর্বশেষে a' ও c' এবং b' ও d' বিন্দু-সকল যোগ করিলে $a'b'c'd'$ চতুর্ভুজ প্ল্যান-হিসাবে পাওয়া যাইবে।

(b) [চিত্র নং 115 (ii)] ; এ ক্ষেত্রে চতুর্ভুজের সমতল (plane) উর্ধ্বাধঃ-তল ও ভূমিতল উভয়ের লম্বভাবে থাকিবে বলিয়া, চতুর্ভুজের উচ্চতা বা 'বেধ', (যাহা এক্ষেত্রে একটি রেখা মাত্র), তাহাই পুরোদৃশ্য ও প্ল্যানে দেখা যাইবে।

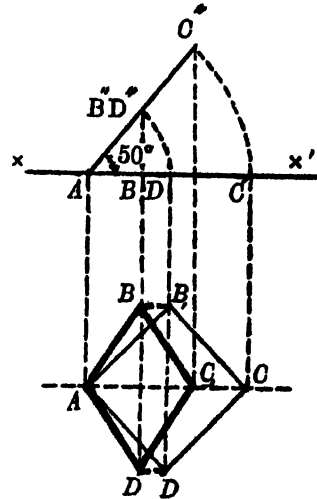
অতএব প্রথমে XX′-ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া, তাহা হইতে 1″-ইঞ্চ উপরে $2\frac{1}{2}$″ ইঞ্চ লম্বা একটি সরলরেখা মাত্র চিত্রের পুরোদৃশ্য হইবে। এইবার ঐ রেখা হইতে প্রক্ষেপ-রেখা ভূমিরেখা ভেদ করিয়া 2″ ইঞ্চ বাড়াইয়া দাও, ও তাহাকে আরও $2\frac{1}{2}$″-ইঞ্চ দীর্ঘ কর। ইহাই হইল প্ল্যান।

সম্পাদ্য 2.

কোন বর্গক্ষেত্রাকার ঘুড়ির কর্ণ ও 3·525 ইঞ্চ দীর্ঘ; ঘুড়িখানি উহার এক কর্ণের উপর ভর দিয়া মেঝের সঙ্গে 50°-ডিগ্রি আনতিতে অবস্থান করিতেছে; উহার তল ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব; অবস্থায় ঐ ঘুড়ির পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

ঘুড়ি বর্গক্ষেত্র বলিয়া, এবং পাত্‌লা কাগজের বলিয়া, উহা একতলীয় ক্ষেত্র বলিয়া গণ্য। এখন প্রথমে এই বর্গক্ষেত্রের বাহু নির্ণয় করিয়া, তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

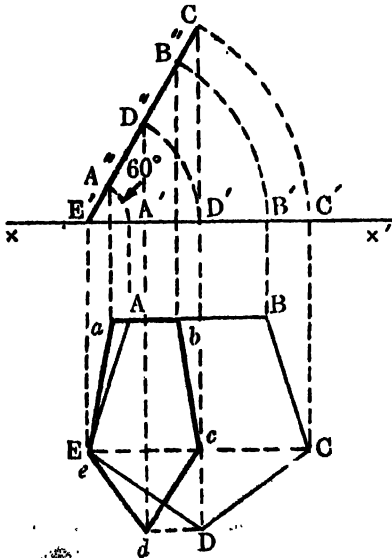
$$\text{বর্গক্ষেত্রের কর্ণ} = \sqrt{2} \times \text{বাহু}$$
$$= 1{\cdot}41 \times \text{বাহু}$$
$$\therefore \quad \text{বাহু} = \frac{3{\cdot}525}{1{\cdot}41} = 2{\cdot}5 \text{ ইঞ্চ};$$

সুতরাং এক XX′-ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া, তাহা হইতে নীচে ও তাহার সমান্তরালে 3·525 ইঞ্চ লম্বা ঘুড়ির কর্ণ AC অঙ্কিত কর, ও সেই কর্ণের উপর $2\frac{1}{2}$″-ইঞ্চ বাহু-যুক্ত A B_1 C D বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর (সরু রেখার বর্গক্ষেত্র)।

চিত্র নং 117

এই চারি বিন্দু A,B_1,C,D হইতে ভূমিরেখার উপর প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর। এই রেখা AC-রেখারই সমান দীর্ঘ,—সুতরাং ইহা XX′-রেখার উপরে ঘুড়ির পুরোদৃশ্য। এখন এই ঘুড়ির কর্ণ ভূমিরেখার সহিত 50°-ডিগ্রিতে আনত করিয়া, AC′ রেখার সহিত 50°-ডিগ্রিতে এক রেখা টানিয়া, A-বিন্দুকে কেন্দ্র

করিয়া, AD ও AC′-কে ব্যাসার্ধ লইয়া দুইটি এমন চাপ অঙ্কিত কর যাহাতে তাহারা AC″ রেখার সহিত মিলিত হয়। অতঃপর B″D″ ও C″ হইতে ভূমিতল (horizontal plane)-এ প্রক্ষেপ-রেখা টান, ও XX′-রেখার উপরে যত প্রক্ষেপ-লব্ধ বিন্দু পাওয়া গিয়াছে, তাহাদের নীচে নামাইয়া দাও। এখন B_1 হইতে B ও D হইতে D,—এই দুই রেখা কর্ণ-রেখার সমান্তরালে অঙ্কিত করিয়া B_1, ও D বিন্দুদ্বয় নিরূপণ কর; সর্বশেষে ABC_1DA, যোগ করিয়া 50°-ডিগ্রি আনতিতে ঘুড়ির প্ল্যান সম্পূর্ণ কর (মোটা রেখায় অঙ্কিত)।

সম্পাদ্য 3.

1·5″ ইঞ্চ দীর্ঘ বাহুবিশিষ্ট এক সম-পঞ্চভুজ ভূমিতলের উপরে 60°-ডিগ্রি আনতিতে ও উর্ধ্বাধঃ-তলের লম্বভাবে দাঁড়াইয়া আছে; উহার এক বাহু ভূমিরেখার সমান্তরাল। ইহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 118

অঙ্কন: প্রথমে XX′-রেখার তলদেশে ও উহার সমান্তরালে 1·5″-ইঞ্চ দীর্ঘ একটি সরলরেখা, AB, সম-পঞ্চভুজের একবাহু হিসাবে অঙ্কিত কর, এবং উহার নীচের দিকে সম-পঞ্চভুজ ABCDE গঠন কর। ইহার গঠন-প্রণালী পূর্বে বলা হইয়াছে।

XX′-রেখার উপরে পুরোদৃশ্য E′C′ অঙ্কিত কর।

এইবার এই E′C′ রেখাকে 60°-তে ঘুরাইয়া দাও, ও E′C″-কে E′C′-এর সমান কর; এবং XX′-রেখার উপরে প্ল্যানের ভিন্ন ভিন্ন কোণের বিন্দুগুলির (যথা A′,E′, D′, C′,B′)-ও প্রক্ষেপ নির্দেশ কর,—

E'-কে কেন্দ্র করিয়া A', D', প্রভৃতিকে ব্যাসার্ধ করিয়া, এক এক চাপ E'C পর্যন্ত টান।

অনন্তর, যে যে বিন্দুতে ঐসব চাপ E'C" রেখাকে স্পর্শ করিল, তথা হইতে এক এক প্রক্ষেপ-রেখা ভূমিতল পর্যন্ত নামাইয়া দাও; B"-বিন্দু হইতে প্রক্ষেপ-রেখা যে বিন্দুতে প্ল্যানের AB-রেখাকে স্পর্শ করিয়াছে, ততদূর (অর্থাৎ *ab*) পর্যন্ত, আনত-পঞ্চভুজের বাহু।

প্ল্যানের EC যোগ কর; এবং C" হইতে যে প্রক্ষেপ-রেখা নামিয়া আসিয়াছে, তাহার ও ইহার ছেদ-বিন্দু পর্যন্ত এক রেখা টানিয়া আনত পঞ্চভুজের *bc*-বাহু অঙ্কিত কর।

E'-বিন্দু ভূমিরেখা স্পর্শ করিয়া আছে বলিয়া, ঐ বিন্দুর প্রক্ষেপের কোন পরিবর্তন হইবে না; তাই প্ল্যানে E-বিন্দুই *e*-বিন্দু। *ae* যোগ কর।

অতঃপর D" হইতে এক প্রক্ষেপ-রেখা নামাইয়া, পূর্ণাকার পঞ্চভুজের D-বিন্দু হইতে এক অনুভূমিক রেখা বামদিকে টানিয়া *d*-বিন্দু নির্দেশ কর, আর *a e d c b* সংযুক্ত কর।

ইহাই 60°-ডিগ্রি আনতিতে পঞ্চভুজের প্ল্যান, আর E'C" ইহার পুরোদৃশ্য।

ঘন-বস্তুর প্রক্ষেপ

ঘন-বস্তু নানা আকারের। বিভিন্ন বস্তুর অংশ, কল-কব্জা ও যন্ত্রের অংশ, ইমারত প্রভৃতির অংশ-হিসাবে, ঘন-বস্তুর আকৃতি অগণিত প্রকার ও জটিল; কিন্তু সে সমস্তই কয়েকটি প্রধান প্রধান আদর্শ-আকৃতির সমাবেশ মাত্র। সেই আদর্শ-গুলি প্রধানতঃ ঘনক (cube); উপঘনক (prisms of different types); ত্রিকোণ ঘনক (triangular prisms); পিরামিড (pyramids) বা শিখর; চতুষ্ফলক (tetrahedrons); বহুতলক বা বহুফলক (polyhedrons); বর্তুল (spheres); শঙ্কু (cones); ইত্যাদি, ইত্যাদি। অতএব এখানে এইরূপ কয়েকটি আদর্শ-আকারের ঘন-বস্তুর প্রক্ষেপ প্রভৃতি সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইবে।

ঘন-বস্তু গুলিকে নানা ভাবে বিন্যাস করিয়া তাহাদের প্রক্ষেপ-দৃশ্য অনুশীলন

করা যাইতে পারে ; যেমন, বস্তুগুলিকে ভূমিতলের উপরে বসাইয়া, কিংবা ভূমিতল হইতে হেলাইয়া রাখা যাইতে পারে ; আর তখন তাহাদের ঊর্ধ্বাধঃ-সমতল (face) গুলি ঊর্ধ্বাধঃ-তলের (vertical plane-এর) সমান্তরালে, কিংবা যে-কোন আনতি বা উন্নতিতে আনত বা উন্নত থাকিতে পারে। অথবা তাহাদের যে-কোন কোণে রাখাও চলিতে পারে।

সম্পাদ্য 1.

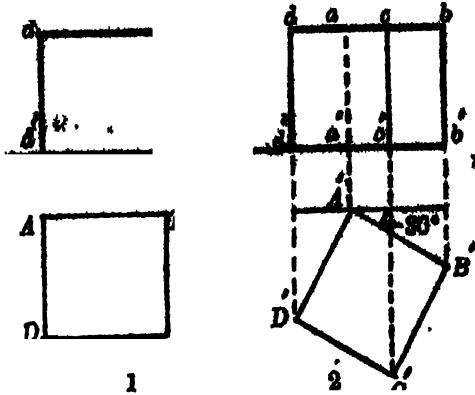
কোন ঘনককে ভূমিতল (horizontal plane)-এ এমনভাবে স্থাপন করা আছে যে, তাহার দুই ঊর্ধ্বাধঃ-পার্শ্ব (vertical faces) ঊর্ধ্বাধঃ-তল (vertical plane)-এর সমান্তরাল ও অপর দুই পার্শ্ব উহার আম্বলম্বিক (perpendicular) ভাবে আছে ; উহাদের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর :

অঙ্কন : XX′-ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া তাহার নীচের দিকে ABCD,—এমন এক বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর যাহার AB বা DC রেখা XX′-রেখার সমান্তরাল, এবং AD ও BC পার্শ্বদ্বয় ঊর্ধ্বাধঃ-তলেব অম্বলম্বভাবে অবস্থিত। যেহেতু ঘনক ছয়টি সমতলেব সমবায়ে গঠিত এবং সমতলগুলি (faces)এ-উহার সমকোণে অবস্থিত, সে কারণে ঘনকের প্ল্যানও এক বর্গক্ষেত্র, এবং তাহার পুরোদৃশ্য ও যে-কোন পার্শ্ব-দৃশ্য, সবই বর্গক্ষেত্র। তাই ABCD-প্ল্যানের ঘনকেব পুরোদৃশ্য *dcc′d′* [চিত্র নং 119 (1)]।

সম্পাদ্য 2.

ভূমিতল (horizontal plane)-এ ঘনক এমনভাবে স্থাপিত আছে যে, তাহার এক ঊর্ধ্বাধঃ-তল (vertical face) XX′-রেখার সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে অবস্থিত ; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : [চিত্র নং 119(2)], XX′-রেখা হইতে কিছু নীচে, ও উহার সঙ্গে 30°-ডিগ্রি আনতিতে ঘনকের এক পার্শ্ব A′B′ বসাও, ও প্ল্যান-হিসাবে বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর ; এইবাব প্রত্যেক কৌণীয় বিন্দু A′, B′, C′, এবং D′ হইতে

XX'-রেখা পর্যন্ত প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর এবং তাহাদের প্রত্যেকটি $d'a$, $c'c$, $b'b$, অথবা, $d'd$-কে A'B'-রেখার সমান করিয়া বর্ধিত কর, ও উহাদের ঊর্ধ্বঃ প্রান্ত-সকল স্পর্শ করিয়া এক সরল রেখা $dacb$ অঙ্কিত কর তাহা হইলে $d'a'c'b'baad$ চিত্রটি ঘনকের পুরোদৃশ্য হইবে। এখানে বুঝিতে

ঘনকের প্রক্ষেপ (Projection of a Cube)
চিত্র নং 119

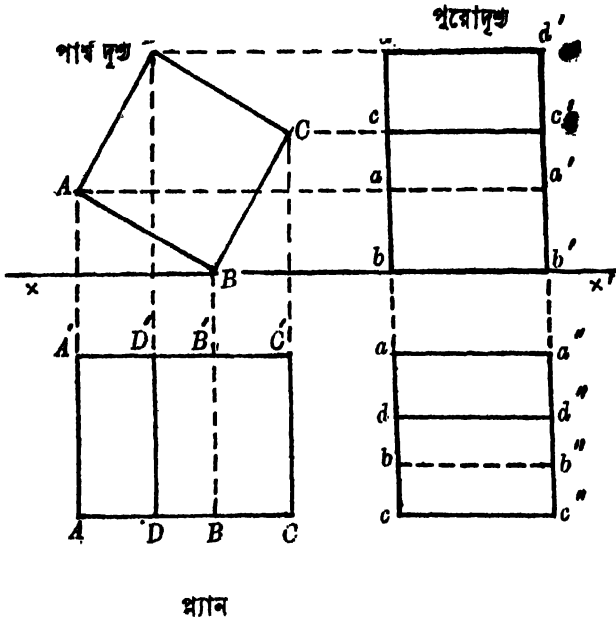
হইবে, যেহেতু প্ল্যানের নীচের দিক হইতে দেখিলে প্ল্যানের A'-কোণ দর্শকের চক্ষের আড়ালে পড়িবে, তাই $a'a$ শিরটি ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখায় অঙ্কিত হইবে।

দ্রষ্টব্য ঃ যদি পুরোদৃশ্যে ঘনকটি XX'-রেখার সহিত কোন আনতিতে আনত থাকে, তবে তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্যের অঙ্কন-প্রক্রিয়াও অনুরূপ হইবে।

সম্পাদ্য 3

যদি কোন ঘনক তাহার এক শির বা কৌণীয় রেখা (edge)-এর উপরে এমনভাবে দাঁড়াইয়া থাকে যে, সেই কৌণীয় রেখাটি ভূমি-রেখার সমান্তরাল, অথচ তাহার এক পার্শ্ব (face) ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রিতে আনত, তবে তেমন অবস্থানে ঘনকের পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

[দ্রষ্টব্য : ঘনকের এই অবস্থান উহার যে-কোন এক পার্শ্ব-দৃশ্য (side-elevation) হইতে সম্যকরূপে হৃদয়ঙ্গম হইবে]।

অঙ্কন : প্রথমে পার্শ্ব-দৃশ্য অঙ্কিত করিলে ঘনকের অবস্থান পরিষ্কার ভাবে অনুভবে আসিবে। তাহা হইতে উহার প্ল্যান সহজে বুঝা যায় (পার্শ্ব-দৃশ্যের প্ল্যান

চিত্র নং 120

দেখ)। এইবার পার্শ্ব-দৃশ্যের D, C, ও A-বিন্দু হইতে শয়ান প্রক্ষেপ-রেখা টানিয়া ডানপাশের পুরোদৃশ্য পাওয়া গিয়াছে ; স্পষ্ট বুঝা যাইবে, এই পুরোদৃশ্যে (অর্থাৎ পার্শ্বদৃশ্যকে ডানদিক হইতে দেখিলে), *cc'*-কৌণীয় রেখা দেখা যাইবে, এবং *aa'*-কৌণীয় রেখা আড়ালে পড়িবে; তাই ঘনকের আনত অবস্থার পুরোদৃশ্য ডানদিকের চিত্রে দেখান'-মত হইবে। এইবার উহার প্ল্যান অঙ্কিত করিতে হইলে, *aa"* কৌণীয় রেখা সর্বোপরে যাইবে, তাহার পর *dd"*, তাহার-নীচে *bb"*, (ফুটকি ফুটকি), ও সকলের নীচে *cc"* থাকিবে।

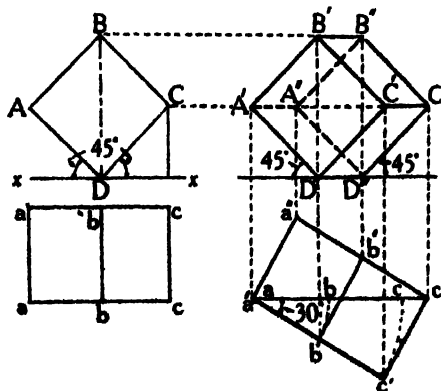
চতুষ্ফলক এবং বহুফলক (tetrahedrons as well as polyhedrons)-দের ক্ষেত্রেও এই পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়।

ঘনকের যে প্রক্ষেপগুলি ইতিপূর্বে দেখান' হইল, তাহাতে সকলেরই এক পার্শ্ব (one face), বা কোন-এক কৌণীয় রেখা, কোন তল (plane)-এর সমান্তরালে, অথবা তাহারই উপরে স্থাপিত, আর অন্য আনুলম্বিকতলে (on another perpendicular plane) তাহাদের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্যাদি অঙ্কন করার প্রভেদ দেখান' হইয়াছে। কিন্তু অনেক স্থলে তাহাদের যে-কোন কৌণীয়-অবস্থানে অবস্থিত তল (on a plane inclined at any angle to the plane of reference)-এর প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য,—এমন কি কর্তিত পুরোদৃশ্যে (sectional elevation)-ও প্ল্যান অঙ্কন করার আবশ্যকতা বোধ প্রায়ই করা হয়। এই কারণে এমন একটি কাল্পনিক অবস্থানের বিষয় বলা যাইতেছে।

সম্পাদ্য 4

(d) কোন ঘনককে তাহার এক কৌণীয় রেখা (edge)-এর উপরে এমন ভাবে দাঁড় করাইয়া রাখা হইয়াছে যে, তাহার একটি কর্ণ ঠিক ঊর্ধ্বাধঃ, ও অপরটি অনুভূমিক। এখন যদি তাহার অপর সকল অবস্থানকে অপরিবর্তিত রাখিয়া, মাত্র অক্ষ (axis)-কে 30°-ডিগ্রি ঘুরাইয়া দেওয়া যায়, তবে তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য কি হইবে?

চিত্র নং 121

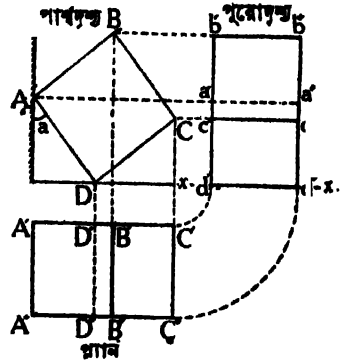
অঙ্কনঃ প্রথমে ঊর্ধ্বাধঃ-তল ও শয়ান তলকে বামপার্শ্বের দৃশ্যের মত অঙ্কিত করিয়া ঘনকের কোন এক কৌণীয় রেখা (edge)-কে XX'-ভূমিরেখার উপর এমন ভাবে স্থাপন কর যাহাতে

কর্ণ BD ঠিক ঊর্ধ্বাধঃ ভাবে থাকে,—অর্থাৎ ∠ADX ও ∠CDX′ দুইই 45°-ডিগ্রি করিয়া থাকে ; এই অবস্থায় ঘনকের প্ল্যান অঙ্কিত কর। এইবার ডানপার্শ্বের চিত্রে যেমন অঙ্কিত করা হইয়াছে, তেমনভাবে প্রথম ভূমিরেখা xx'-এর সমরেখায় আর একটি ভূমিরেখা টান, ও প্ল্যানের শয়ান রেখা abc-র সমরেখায় আর একটি শয়ানরেখা $a'c''$ টান, ও প্ল্যানের ab ও bc অংশ দুইটির সমান করিয়া, এই $a'c''$-রেখার উপরেও ab ও bc বসাও। অনন্তর উহার সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে একরেখা টান। এইবার a-কে কেন্দ্র আর $a'b$-কে ব্যাসার্ধ লইয়া bb' চাপ অঙ্কিত কর, এবং ঐ a-কেন্দ্র হইতে ac-কে ব্যাসার্ধ লইয়া আর একটি চাপ cc' অঙ্কিত কর। ঘনককে 30°-ডিগ্রি ঘুরান'র পরে b' ও c' বিন্দুদ্বয় b ও c-এর অবস্থান-বিন্দু। অনন্তর $a'b'c'$ আধারের উপরে বামপার্শ্বের চিত্রের ঘনকের প্ল্যানের অনুরূপ আর এক প্ল্যান অঙ্কিত কর। ইহাদের $a'b'c'$-$a''b''c''$ নাম দাও।

এখন পার্শ্ব-চিত্রের পুরোদৃশ্যের B, AC, এবং D-বিন্দু হইতে লম্বা অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখা টান, এবং ডানদিকের প্ল্যানের a (বা a') হইতে ঊর্ধ্বাধঃ aA′ প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া, A-C হইতে প্রক্ষেপিত শয়ান রেখার সহিত যে ছেদ-বিন্দু পাওয়া গেল, তাহার A′ নাম দাও। নূতন অবস্থানে ইহাই ঘনকের এক কৌণীয় বিন্দু। এইবার প্ল্যানের b' ও b'' হইতে এক এক ঊর্ধ্বাধঃ-প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া, তাহাদের একেবারে বামপার্শ্বের চিত্রের সর্বোচ্চ-বিন্দু B হইতে প্রক্ষেপিত শয়ান-রেখার সঙ্গে ছেদ করাও, এবং ডানদিকের চিত্রে প্রদর্শিত-মত B′ ও B″-বিন্দু নির্দেশ কর। সেইরূপ $a'c'$-এর c' হইতে উত্তোলিত রেখার সহিত C হইতে প্রক্ষেপিত শয়ান-রেখার ছেদবিন্দুকে C′ নাম দাও। এখন A′B′C′D′ যোগ করিলে যে একটি চতুর্ভুজ পাওয়া যাইবে, তাহা নূতন অবস্থানে ABCD-র পুরোদৃশ্য। এইবার ডানদিকের চিত্রের প্ল্যানের $a''b''c''$ বিন্দু তিনটি হইতে ঊর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ টানিয়া, যথাক্রমে, A″, B″, ও C″ বিন্দু তিনটি নির্ণয় কর। এইবার B′D′ প্রক্ষেপ-রেখার সমান্তরালে B″ হইতে ভূমিরেখার উপরে প্রক্ষেপ-রেখা পাত করিলে D″-বিন্দু পাওয়া যাইবে। আংশিক ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখায় আর একটি চতুর্ভুজ গঠন কর ; এইটি নূতন অবস্থানে ঘনকের পিছনপিঠের পার্শ্ব-তলের পুরোদৃশ্য। সর্বশেষে, B′B″, C′C″ এবং D′D″

রেখাগুলি ফুটাইয়া দাও। ইহাই 30°-ডিগ্রি কোণে অবস্থিত ঘনকের পুরোদৃশ্য হইবে।

সম্পাদ্য 5

(e) কোন ঘনক তাহার এক কৌণীয় রেখা (edge)-এর উপরে থাকিয়া উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত ∠a-তে আনত অবস্থায় আছে; ঘনকের পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

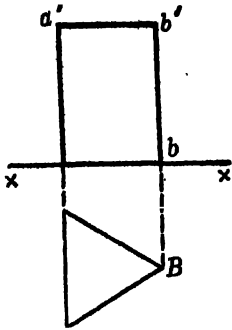
অঙ্কন: সুবিধামত কোন এক দৈর্ঘ্যের বাহু লইয়া প্রথমে পার্শ্ব-দৃশ্যে ঘনকের অবস্থান অঙ্কিত কর। এইবার পুরোদৃশ্যের জন্য A, B, C ও D-বিন্দু হইতে শয়ান প্রক্ষেপ-রেখা, এবং প্ল্যানের জন্য ঐ ঐ বিন্দু সকল হইতে উর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখা-পাত কর। পুরোদৃশ্যের জন্য C-বিন্দু হইতে কোন এক সুবিধামত দূরত্বে c'-বিন্দু গ্রহণ করিয়া এক উর্ধ্বাধঃ-রেখা অঙ্কিত কর। যে যে বিন্দুতে ঐ রেখা শয়ান প্রক্ষেপ-রেখা সকলকে কর্তন করিল, তাহাদিগকে d' c' a' ও b' চিহ্নে চিহ্নিত কর। অতঃপর ঘনকের যে-কোন এক বাহুর সমান দূরত্ব লইয়া $d'd''$, $c'c''$, $a'a''$ ও $b'b''$ কাটিয়া লও, এবং $a'a''$ রেখাকে ফুট্‌কি ফুট্‌কি রাখিয়া, বাকী তিনটিতে অবিচ্ছিন্ন রেখা টান।

চিত্র নং 122

প্ল্যানের জন্য, যে বিন্দুতে CC′ উর্ধ্বাধঃ-রেখা প্রক্ষেপিত হইয়া ভূমি-রেখাকে ছেদ করিয়াছে, সেই x-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া xd'-কে ব্যাসার্ধ লইয়া এবং ঐ কেন্দ্র হইতে d'' পর্যন্ত দূরত্বকে ব্যাসার্ধ করিয়া C′ ও C″-বিন্দু লাভ করিয়া, ঐ দুই বিন্দু হইতে C′B′D′A′, এবং C″B″D″A″, এই দুই শয়ান রেখা অঙ্কিত কর; আর যে যে বিন্দুতে ঐ দুই রেখা উর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখাগুলিকে কর্তন করিয়াছে, তাহাদিগকে সরল রেখার দ্বারা যুক্ত করিয়া, মাত্র D′D″ রেখাকে ফুট্‌কি ফুট্‌কি রাখিয়া দাও।

ত্রিকোণ প্রিজমের প্রক্ষেপ (Projection of Triangular Prisms)

সম্পাদ্য 1

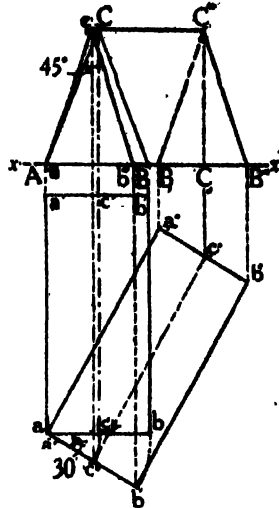
(a) কোন সমবাহু ত্রিকোণ প্রিজমের আধারের এক বাহু ঊর্ধ্বাধঃ-তলের লম্বভাবে আছে; উহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 123

অঙ্কন: ত্রিকোণ প্রিজমের আধার (বা তলদেশের) এক বাহু ঊর্ধ্বাধঃ-তলের লম্বভাবে আছে বলিয়া, প্রথমে প্ল্যানে সমবাহু ত্রিভুজের এক বাহুকে XX'- বা ভূমিরেখার লম্বভাবে অঙ্কিত করিয়া, তাহার উপর এক সমবাহু ত্রিভুজ অঙ্কিত কর; এইবার B, ও অন্য কোণ হইতে প্রক্ষেপ উত্তোলন করিয়া XX'-রেখা পর্যন্ত, এবং তাহারও উপরে তাহাদের ঊর্ধ্বাধঃ-তলে বর্ধিত করিয়া, উচ্চতা যত হইবে, ততদূর দীর্ঘ কর। উহাদের উপর-সীমা a' ও b' চিহ্নে চিহ্নিত কর। এইবার a' ও b'-কে যোগ করিলে যে আয়তক্ষেত্র পাওয়া যাইবে, তাহাই উহার পুরোদৃশ্য হইবে।

সম্পাদ্য 2

(b) $1\frac{1}{2}$-ইঞ্চ বাহু ও 45° ডিগ্রি শীর্ষকোণ-বিশিষ্ট কোন সমদ্বিবাহু ত্রিকোণ প্রিজম এমন ভাবে আছে যে, তাহার আধার-ফলক ভূমিতলের উপরে স্থাপিত, এবং এক ত্রিকোণাকার প্রান্ত ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত রহিয়াছে। প্রিজমের অক্ষের দৈর্ঘ্য $2\frac{1}{2}$" ইঞ্চ। এই অবস্থায় প্রিজমের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: প্রথমে xx'-ভূমিরেখা টানিয়া, তাহার উপরে 45°-ডিগ্রি শীর্ষকোণ-বিশিষ্ট ও $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দীর্ঘ বাহু-বিশিষ্ট এক সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ ABC অঙ্কিত কর। যখন প্ল্যানে প্রিজমের অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরাল থাকে, ইহাই তখনকার পার্শ্ব-দৃশ্য।

এইবার তাহার প্ল্যান $a\ c\ b\ b'\ c'\ a'$ অঙ্কিত কর। $c'c$ ইহার অক্ষরেখা। অনন্তর ইহার নিম্ন প্রান্ততল ab-র a-বিন্দুর সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে এক রেখা টান, এবং a-কে কেন্দ্র করিয়া এবং ac ও ab-কে ব্যাসার্ধ লইয়া দুইটি চাপ অঙ্কিত করিয়া, 30°-ডিগ্রি আনত অবস্থায় প্রিজমের অক্ষ বিন্দু c', ও b-এর বশে b'-বিন্দু চিহ্নিত কর। অতঃপর $a'b'$-আনত আধারের উপরে $2\frac{1}{2}''$-ইঞ্চ দীর্ঘ আয়তক্ষেত্র $a'b'b''a''$, এবং উহার অক্ষরেখা $c'c''$ অঙ্কিত কর; ইহাই উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত অবস্থার প্ল্যান।

চিত্র নং 124

এইবার c', b', b'', c'' এবং a'' বিন্দুসকল হইতে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর। দেখা যাইবে, প্রিজমের শীর্ষবিন্দু C একটু বামে সরিয়া গিয়াছে। এখন C-বিন্দু হইতে CC''' এক অনুভূমিক রেখা টান, ও তাহাকে বামে c_1 পর্যন্ত বর্ধিত কর।

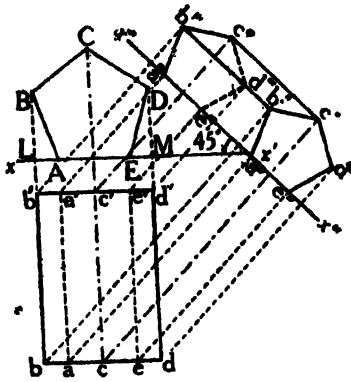
প্ল্যানের a-বিন্দু ও a'-বিন্দুর অবস্থান একই; এইবার পুরোদৃশ্যে ac_1 এবং c_1b''' যোগ করিলে 30°-ডিগ্রিতে আনত অবস্থায় বাম প্রান্তের দৃশ্য পাওয়া যাইবে। তেমনি, b'' হইতে প্রক্ষেপ-লব্ধ বিন্দু B''', এবং a'' হইতে প্রক্ষেপ-লব্ধ বিন্দু B_1-কে আধার করিয়া, অক্ষরেখার উর্ধ্বঃবিন্দু c_1 হইতে শয়ান-প্রক্ষেপ-লব্ধ বিন্দু C'''-কে শীর্ষ করিয়া আর এক ত্রিভুজ অঙ্কিত কর। বুঝা যাইবে, এই ত্রিভুজের B_1C'''-রেখা পুরোদৃশ্যের আড়ালে থাকিবে বলিয়া অবিচ্ছিন্ন রেখা (continuous line) হইবে না।

বহু-ফলক (Polyhedrons)-এর প্রক্ষেপ

I. পঞ্চকোণ (Pentagonal) প্রিজম:

কোন পঞ্চকোণ প্রিজম এমন ভাবে আছে যে, উহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্বভাবে ও আধার ফলক শয়ান অবস্থায়

রহিয়াছে ; উহার প্ল্যান অঙ্কিত কর। অনন্তর ঐ আধার ফলককে শয়ান অবস্থা হইতে 45°-ডিগ্রি কোণে আনত করিলে যেমন দেখায়, তাহার পুরোদৃশ্যের চিত্র অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : প্রথমে XX′-রেখার উপর ABCDE এই পঞ্চভুজের এক বাহু AE-কে ঐ রেখার সহিত মিলিত করিয়া অঙ্কিত কর। ইহা প্রিজমের পার্শ্ব-দৃশ্য।

চিত্র নং 125

এইবার উহার প্রত্যেক কৌণীয় বিন্দু হইতে শয়ান-তলে প্রক্ষেপ রেখা নামাইয়া দাও। উপর হইতে দেখিলে পঞ্চভুজের অক্ষরেখা শীর্ষকোণের রেখার সহিত সমরেখায় পড়িবে বলিয়া, অক্ষরেখাকে, C-বিন্দু হইতে প্রক্ষেপিত রেখা *cc′* ঢাকা দিবে। XX′-রেখা হইতে কিছু নীচে *b′a′c′e′d′* এক শয়ান রেখা টানিয়া প্ল্যানের চিত্রের এক প্রান্ত-দেশ নির্দেশ কর। অনন্তর প্রিজমের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী *b′b*, *c′c* ও *d′d* আঁকিয়া, উহাদের এক এক সরল রেখার দ্বারা সংযুক্ত কর। উপর হইতে দৃষ্টি করা হইতেছে এইরূপ অনুমান করিলে বুঝা যাইবে, *bb′ cc′* ও *dd′* রেখা তিনটি অবিচ্ছিন্ন (firm), ও *aa′* এবং *ee′* রেখা দুইটি ঢাকা পড়িয়াছে বলিয়া ফুটকি ফুটকি রেখা হইবে। (অক্ষরেখাকে স্পষ্ট করিয়া দেখাইবার জন্য *c′c*-রেখা অবিচ্ছিন্ন টানা হয় নাই)।

এইবার XX′-রেখার সহিত 45°-ডিগ্রি আনতিতে *x″x‴* এক রেখা অঙ্কিত কর, এবং ঐ রেখার উপর প্ল্যানের সমস্ত কৌণীয় বিন্দু হইতে এক এক প্রক্ষেপ রেখা (অর্থাৎ *x″x‴*-রেখার সমকোণে) উত্তোলন কর। বুঝিতে হইবে, প্ল্যানের নীচের প্রান্ত (এখন রেখা) *baced* হইতে আনত-পুরোদৃশ্যের সম্মুখ-প্রান্ত, এবং উপরের প্রান্ত *b′a′c′e′d′* হইতে পশ্চাৎ-প্রান্ত, প্রাপ্ত হওয়া যাইবে। দেখিলে স্পষ্ট বুঝিতে পারা যাইবে, প্রথমে অঙ্কিত পুরোদৃশ্যের আধার AE হইতে

প্রক্ষেপ রেখা টানিয়া প্ল্যানের নীচেকার ae পাওয়া গিয়াছে বলিয়া, তাহার প্রক্ষেপ হইতে প্রাপ্ত $a''e''$ এক্ষেত্রে প্রিজ়মের আধার হইবে।

অনন্তর, b'', e'', ও d''-বিন্দু সকল পাওয়ার জন্য, যে বিন্দুতে b-এর প্রক্ষেপ-রেখা আনত ভূমিরেখাকে ছেদ করিয়াছে, সেই বিন্দু হইতে ডিভাইডারে BL-এর সমান দূরত্ব লইয়া b''-বিন্দু নির্দেশ কর, এবং এই ভাবে c'' ও d'' বিন্দুদ্বয় ঠিক কর। এখন ঐগুলি স্পর্শ করিয়া $a''e''$-আধারের উপরের পঞ্চভুজ অঙ্কিত করিলে তাহা সম্মুখের প্রান্তের পুরোদৃশ্য হইবে।

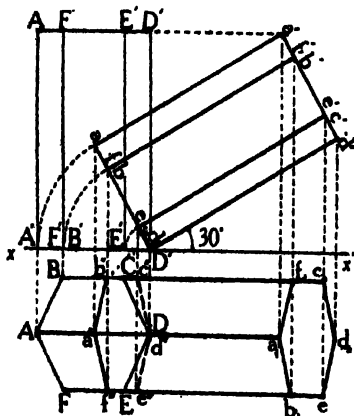
এই ভাবে প্ল্যানের উপর b' a' c' e' d' হইতে উপরের প্রান্তের পঞ্চভুজ গঠন কর। অনন্তর b''-এর সহিত b''', এবং c''-এর সহিত c''' যোগ করিলে নূতন পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করা হইল। ভাল করিয়া দেখিলে বুঝা যাইবে, নীচের পঞ্চভুজের সকল বাহুগুলিই অবিচ্ছিন্ন রেখায় অঙ্কিত হইবে, কিন্তু উপরের বেলা, $e'''d'''$ এবং $d'''c'''$ বাহুদুইটি ঢাকা পড়ার জন্য ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখায় দেখাইতে হইবে।

II. ষট্‌কোণ (Hexagonal) প্রিজ়ম :

কোন ষট্‌কোণ প্রিজ়মের অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে ও তাহার কোন এক ফলক ভূমিরেখার সমান্তরালে আছে; ইহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর; অনন্তর সেই অবস্থায় প্রিজ়মকে ভূমিরেখার সহিত 30-ডিগ্রি আনতিতে আনত কর, আর তাহারও পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : প্রিজ়মের অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে থাকিবে বলিয়া, উহার প্ল্যান অঙ্কিত করিলে ABCDEF-রূপে একটি একতলীয় ষট্‌কোণ ক্ষেত্র প্রতিভাত হইবে, ও উহার এক বাহু (যথা BC) ভূমিরেখার সমান্তরাল হইবে। অতঃপর উহার পুরোদৃশ্য A′(F′B′)E′D′ অঙ্কিত কর। এইবার XX′-রেখার উপরে d-বিন্দু হইতে, উহার সহিত 30°-ডিগ্রি উন্নতিতে এক রেখা dd' টান, ও ঐ রেখার অনুলম্ব ভাবে আর এক রেখা da টান,—উহা আনত অবস্থায় প্রিজ়মের আধার-প্রান্ত হইবে।

d-বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া, যথাক্রমে, dA', dF', ও dE'-কে ব্যাসার্ধ লইয়া তিনটি চাপ অঙ্কিত করিয়া a, (fb), ও e-বিন্দু তিনটির অবস্থান নিরূপণ কর। অনন্তর dd'-এর সমান্তরালে aa', ff', ও ee' কৌণীয়-রেখা তিনটি অঙ্কিত কর, আর প্রিজমের উচ্চতায় সমান করিয়া dd' কাটিয়া লও, এবং $d'a'$ যোগ কর; ইহাই আনত অবস্থায় প্রিজমের পুরোদৃশ্য।

চিত্র নং 126

অনন্ত র আনত পুরোদৃশ্যের কৌণীয় বিন্দু a হইতে ঊর্ধ্বাধঃ-প্রক্ষেপ aa'', (fb) হইতে $b'f''$, e হইতে ee'', (এখানে d'' আড়াল পড়িবে বলিয়া দেখা যাইবে না), আর অপর প্রান্তের জন্য, a' হইতে a_1, $f'b'$ হইতে f_1b_1, e' হইতে e_1, এবং প্ল্যানের c-বিন্দু,—যাহা আনত পুরোদৃশ্যে অদৃশ্য,—তাহার প্রক্ষেপ c_1,—এই প্রক্ষেপগুলি টান। এইবার প্ল্যানের BC ও FE রেখাদ্বয়কে বর্ধিত করিয়া যথাযোগ্য অক্ষরের দ্বারা চিহ্নিত কৌণীয় বিন্দুর সহিত যোগ কর। মনে রাখিতে হইবে, এই প্রান্তে বড় ভুজের সমস্ত রেখাগুলিই বিকৃত ভাবে দৃষ্টিগোচর হইবে।

পিরামিডের প্রক্ষেপ (Projection of Pyramids)

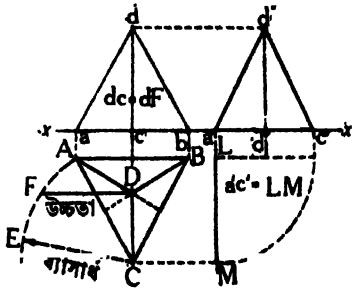
পিরামিডের আধার (base) কোন এক রৈখিক ক্ষেত্র, আর সেই ক্ষেত্রের কৌণীয় বিন্দু হইতে শির (edge) উঠিয়া এক বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে; উহাকে শীর্ষবিন্দু (Vertex) বলে। পিরামিডের আধার বৃত্তও হইতে পারে; তখন তাহাকে “শঙ্কু” (Cone) বলে।

I. ত্রিকোণ পিরামিড:

কোন সমবাহু (Equilateral Triangular Pyramid) ত্রিকোণ

পিরামিডের প্ল্যান, পুরোদৃশ্য ও পার্শ্বদৃশ্য অঙ্কিত কর। ঐ পিরামিডের আধারের কোন এক বাহু ভূমিরেখার সহিত সমান্তরাল, এবং উহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ ভাবে আছে।

অঙ্কন: ভূমিরেখার নীচে ও উহার সমান্তরালে এক AB-রেখা আঁক, ও তাহার নীচের দিকে এক সমবাহু ত্রিভুজ ABC অঙ্কিত কর, এবং প্রত্যেক বাহুকে সম-দ্বিভক্ত করিয়া, তাহার বিপরীত কোণের সহিত যোগ কর; যে বিন্দুতে তিনটি রেখা পরস্পর ছেদ করিবে, তাহাই উহার অক্ষ-বিন্দু (D)। ইহাই পিরামিডের প্ল্যান।

অতঃপর পুরোদৃশ্য অঙ্কন করিবার জন্য উহার উচ্চতা নিরূপণ করিতে হইবে।

চিত্র নং 127

যদি পিরামিডের "খাড়া" উচ্চতা (vertical height) দেওয়া থাকে, তবে পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করা অপেক্ষাকৃত সহজ। তখন A, B ও C, এই তিন কৌণীয় বিন্দু হইতে প্রক্ষেপ-রেখা ভূমি-রেখার উপরে তুলিলে উহাদের অনুবর্তী (corresponding) বিন্দু *a*, *b* ও *c* পাওয়া যাইবে। লক্ষ্য করিলে ইহাও দেখা যাইবে যে, C-হইতে প্রক্ষেপ-রেখা অক্ষবিন্দু D দিয়াও উত্থিত হইয়াছে; সুতরাং *c*-হইতে প্রক্ষেপ উপরদিকে উত্তোলিত করিয়া তাহাকে প্রদত্ত খাড়া উচ্চতার সমান করিলে পিরামিডের শীর্ষবিন্দু *d* পাওয়া যাইবে। এইবার *abd* একটি ত্রিভুজ অঙ্কিত করিয়া, *d*-এর সহিত *c* সংযোগ কর। ইহা পিরামিডের পুরোদৃশ্য।

কিন্তু যদি খাড়া উচ্চতা (চলিত ভাষায় "খাড়াই") দেওয়া না থাকে, তবে নিম্নলিখিত রচনা (construction) দ্বারা তাহা বাহির করা যাইবে:—

যেহেতু ইহা সমবাহু ত্রিকোণ পিরামিড, সেকারণে ইহার সব শির (edges) গুলিই সমান হইবে; অর্থাৎ *bd* ও *ad*-র দৈর্ঘ্য (slant height) *ab*-র সমান হইবে;

সুতরাং *cd*-র "খাড়া" উচ্চতা (প্ল্যানের DF-এর প্রকৃত দৈর্ঘ্য) বাহির করিতে হইলে, সমবাহু ত্রিভুজের যে-কোন বাহুকে, (যেমন CA), ব্যাসার্ধ লইয়া উহার যে-কোন কৌণীয় বিন্দু C হইতে এক বৃত্তাংশ AE অঙ্কিত কর; অতঃপর অক্ষ-রেখার সমকোণে এক রেখা টানিয়া ঐ বৃত্তাংশকে F-বিন্দুতে ছেদ কর। তাহা হইলে DF প্রিজমের খাড়াই (vertical height) হইবে। এখন পুরোদৃশ্যে *dc*-কে এই DF-এর সমান করিয়া, *d*-বিন্দু নির্দেশ কর; এবং *ad*, *bd* এবং *cd* এই তিনটি শির (edges) অঙ্কন কর।

পার্শ্ব-দৃশ্য অঙ্কনের জন্য, প্ল্যানের B ও C বিন্দুদ্বয় হইতে দুইটি অনুভূমিক প্রক্ষেপ রেখা L M—এই উর্ধ্বাধঃ রেখাটির উপর পাতিত কর। ইহাই BC-র প্রক্ষেপ-দৃশ্য। এই রেখার L-বিন্দু হইতে এক উর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ রেখা xx'-রেখার উপরে উত্তোলন কর, এবং ঐ L-বিন্দুকে কেন্দ্র, ও L M-কে ব্যাসার্ধ করিয়া এক বৃত্তপাদ (quadrant) অঙ্কিত করিয়া xx'-রেখা পর্যন্ত প্রক্ষেপ লইয়া যাও; ঐ $a'c'$-ই পার্শ্ব-দৃশ্যের আধার। $a'c'$-কে সম-দ্বিখণ্ডিত করিয়া এক লম্ব উত্তোলন কর, এবং পুরোদৃশ্যের *d*-বিন্দু হইতে এক অনুভূমিক প্রক্ষেপ রেখা অঙ্কিত করিয়া উচ্চতা $d'd''$ নির্ণয় কর। এখন $a'c'd''$ ত্রিভুজ প্রিজমের পার্শ্ব-দৃশ্য।

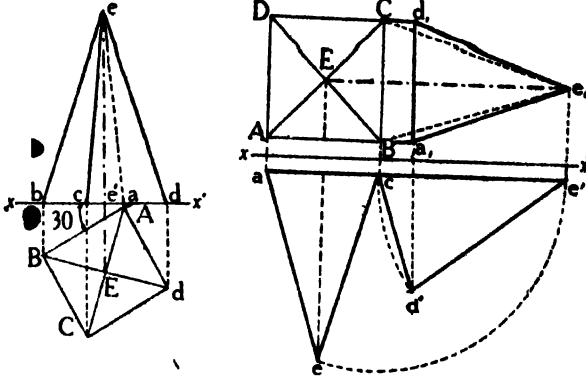
II. চতুষ্কোণ পিরামিড:

সম্পাদ্য 1

1″-ইঞ্চ বাহু ও 2″-ইঞ্চ খাড়াই-বিশিষ্ট কোন এক চতুষ্কোণ পিরামিড ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে ভূমিতলে বসান' আছে; তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: (128নং চিত্রের বাঁদিকের দৃশ্য); XX′-ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া, তাহার নীচের দিকে তাহার সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে 1″-ইঞ্চ দীর্ঘ AB রেখা টান, ও তাহার উপর ABCd এক বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর, এবং তাহার কর্ণদ্বয়কে E-বিন্দুতে ছেদ কর। ইহাই চতুষ্কোণ পিরামিডের প্ল্যান হইবে। অনন্তর তাহার প্রত্যেক কৌণীয় বিন্দু হইতে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর; উহাদের, যথাক্রমে, *b*, *c*, *a* এবং *d* অক্ষরে চিহ্নিত কর। এখন কর্ণদ্বয়ের ছেদবিন্দু E হইতে আর

এক প্রক্ষেপ রেখা উত্তোলন কর, এবং $e'e$-কে 2"-ইঞ্চ দীর্ঘ কর। এখন b d ও c-র সহিত অবিচ্ছিন্ন রেখার দ্বারা e-বিন্দুর যোগ কর, আর ae-কে ফুট্‌কি ফুট্‌কি

চিত্র নং 128

রেখার দ্বারা অঙ্কিত কর (কেন না প্ল্যানের A-কোণ পুরোদৃশ্যে আড়ালে পড়িবে)।

সম্পাদ্য 2

উপরের পিরামিড উর্ধ্বাধঃ-তলের গায়ে এমন ভাবে লাগান' আছে যে, তাহার অক্ষরেখা উর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব, এবং উহার আধারের এক বাহু ভূমি-রেখার সমান্তরালে আছে ; এখন যদি উহার এক ঢালু দিককে ঘুরাইয়া শুয়াইয়া রাখা যায়, তবে ঐ পিরামিডকে যেমন দেখায়, তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্যের চিত্র অঙ্কিত কর।

অঙ্কন ঃ (128নং চিত্রের ডানদিকের দৃশ্য); প্রথমে xx'-ভূমিরেখার উপরের দিকে ও উহার সমান্তরালে AB-রেখা আঁকিয়া তাহার উপরে 1"-ইঞ্চ বাহুর এক বর্গক্ষেত্র $ABCD$ অঙ্কিত কর। উহার কর্ণদ্বয় AC ও BD যে E-বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করিল, তাহাই পিরামিডের শীর্ষ বিন্দুর প্রক্ষেপ। অনন্তর তাহার প্ল্যান ace অঙ্কিত কর। E হইতে ভূমিরেখার নীচে প্রক্ষেপ রেখা পাত করিলে, আধার-রেখা ac-কে দ্বিধা-বিভক্ত করিয়া উহা নীচে নামিবে ; এখন আধার-রেখা হইতে ঐ রেখাকে উপযুক্ত মত দীর্ঘ রাখিয়া e-বিন্দু নির্দেশ করিয়া ae ও ce যোগ কর। এই aec ত্রিভুজ এই অবস্থার প্ল্যান।

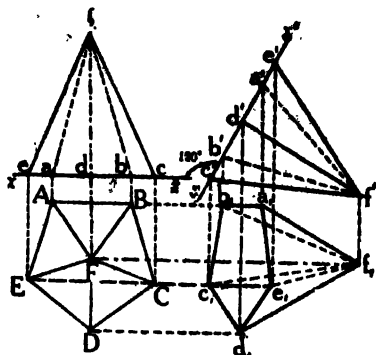
পিরামিডকে ভূমিরেখার উপরে শুয়াইয়া রাখিতে হইলে, প্ল্যানের ঢালু দিক *ce*-কে ভূমিতলে আনিতে হইবে; সুতরাং *c*-কে কেন্দ্র করিয়া ও *ce*-ব্যাসার্ধ লইয়া এক বৃত্তাংশ অঙ্কিত কর যাহাতে উহা *e*′-বিন্দুতে ভূমিরেখার সমান্তরাল হয়, এবং *c*-কে কেন্দ্র, ও *ca*-কে ব্যাসার্ধ লইয়া আর একটি বৃত্তাংশ অঙ্কিত কর, আর *e*′-কে কেন্দ্র এবং *e*′*c*-কে ব্যাসার্ধ করিয়া এক চাপ অঙ্কিত করিয়া শেষোক্ত বৃত্তাংশকে *d*′-বিন্দুতে ছেদ কর। এইবার *cd*′*e*′ ত্রিভুজ পিরামিডের শায়িত অবস্থার প্ল্যান হইবে।

অনন্তর DC ও AB-কে বর্ধিত করিয়া, এবং *d*′ হইতে প্রক্ষেপ উত্তোলন করিয়া বর্ধিত DC-র উপরে d_1, ও বর্ধিত AB-র উপরে a_1,—এই ছেদ-বিন্দুদ্বয় নির্ণয় কর: ইহাতে Ba_1d_1C, শোয়ান' পিরামিডের আধারের পুরোদৃশ্য পাওয়া যাইবে। অতঃপর প্ল্যানের *e*′ হইতে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া এবং বাঁদিকের পুরোদৃশ্যের অক্ষবিন্দু E হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখার দ্বারা তাহাকে ছেদ করিলে পিরামিডের শীর্ষবিন্দু e_1 পাওয়া যাইবে। সর্বশেষে e_1a_1 ও e_1d_1-কে অবিচ্ছিন্ন রেখার দ্বারা যোগ, এবং e_1C ও e_1B-কে ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখার দ্বারা যোগ করিলে, এই অবস্থার পুরোদৃশ্য পাওয়া যাইবে।

III. পঞ্চকোণ পিরামিড:

কোন পঞ্চকোণ পিরামিডকে ভূমিতলের উপরে এমন ভাবে বসান' আছে যে, তাহার আধারের এক বাহু ভূমিরেখার সহিত সমান্তরাল; ইহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। এইবার ঐ অবস্থা হইতে তাহার আধারকে 120° ডিগ্রি ঘুরাও, ও ইহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: XX′-রেখার তলদেশে এক সমপঞ্চভুজ ABCDE-র এক বাহু AB-কে উহার সহিত সমান্তরাল করিয়া অঙ্কিত কর। ইহার অক্ষবিন্দু F নির্ণয় করিয়া পাঁচ কৌণীয় বিন্দুর সহিত যোগ কর; এইগুলি পিরামিডের শির। অনন্তর ঐ বিন্দুগুলি হইতে ভূমিরেখার উপরে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর, এবং পিরামিডের খাড়া উচ্চতা যত, ভূমিরেখা হইতে তত মাপ করিয়া *f*-বিন্দু নির্ণয় কর; এখন *f*-এর সহিত *e*, *d*, ও *c*-বিন্দুত্রয় অবিচ্ছিন্ন রেখার দ্বারা যোগ কর,

কেননা পুরোদৃশ্যে ঐ তিনটি রেখা তিনটি শির (edges)-হিসাবে দেখা দিবে; 125 নং চিত্রের মত এখানেও, অক্ষরেখাকে স্পষ্ট করিয়া দেখাইবার জন্য, *df*-রেখাকে অবিচ্ছিন্ন দেখান' হয় নাই। আর *a* ও *b* বিন্দুর সহিত *f*-বিন্দু ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা দিয়া যোগ কর, কেননা ঐ দুইটি শির আড়ালে পড়িবে। এই হইল পূর্বোক্ত প্ল্যানের পুরোদৃশ্য। এখন *c*-বিন্দুর উপর ভর করিয়া আধার *edc*-কে 120° ডিগ্রি ঘুরাও। ইহা করার জন্য প্রথম-ভূমিরেখা *xx'*-এর সহিত 120°-ডিগ্রি আনতিতে আর এক

চিত্র নং 129

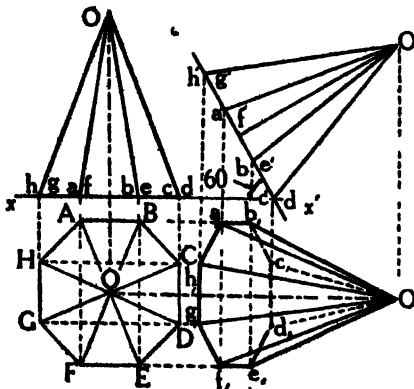
নূতন ভূমিরেখা *x''x'''* টান, এবং প্রথম ভূমিরেখা হইতে *cb*, *cd*, *ca* ও *ce*-র দূরত্ব লইয়া নূতন ভূমিরেখার উপরে, যথাক্রমে, *c'b'*, *c'd'*, *c'a'* ও *c'e'* বিন্দুগুলি বসাও। এখন *d'* বিন্দু হইতে *x''x'''*-এর অনুলম্ব ভাবে *d'f'*-রেখা টান ও উহাকে *df*-এর সমান দীর্ঘ কর; এবং *f'* হইতে *f'c'*, *f'b'*, *f'd'*, *f'a'* ও *f'e'* যোগ করিয়া 120° ডিগ্রি আনতির পিরামিডের পুরোদৃশ্য সম্পূর্ণ কর; যেন স্মরণ থাকে, এখানেও *a'f'* ও *b'f'* ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা হইবে।

এইবার এই অবস্থার প্ল্যানের জন্য, শেষোক্ত পুরোদৃশ্যের সমস্ত কৌণীয় বিন্দু হইতে অধোদিকে প্রক্ষেপ-রেখা পাত কর এবং প্ল্যানের অনুরূপ বিন্দু হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ টানিয়া তাহাদের ছেদ কর, এবং যে যে বিন্দুতে অনুরূপ প্রক্ষেপ-রেখাদ্বয় পরস্পরকে ছেদ করিয়াছে, তাহাদের উপযুক্ত অক্ষর দিয়া চিহ্নিত কর :—যেমন *a'* হইতে ঊর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখা ও A হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখার ছেদ-বিন্দুকে a_1 দ্বারা, *f'* হইতে ঊর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখার সহিত F হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখার ছেদ-বিন্দুকে f_1 দ্বারা,—ইত্যাদি। অতঃপর a_1, b_1, c_1, d_1, e_1-এই পঞ্চকোণ-আধারের সহিত, f_1 হইতে ঐ সকল বিন্দুর সংযোগ রেখা পিরামিডের শির (edges) অঙ্কিত করিলে নূতন প্ল্যান সম্পূর্ণ হইল। এখানে f_1e_1 রেখা ফুট্‌কি ফুট্‌কি না হইয়া অবিচ্ছিন্ন হইবে।

IV. অষ্টকোণ পিরামিড :

কোন অষ্টকোণ পিরামিডের দুই বিপরীত বাহু ভূমিরেখার সমান্তরালে ও অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ ভাবে আছে ; ইহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। এইবার আধারকে 60°-ডিগ্রিতে আনত কর নূতন অবস্থায় তাহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান কি হইবে ?

অঙ্কন : প্রথমে ভূমিরেখার নীচে ও উহার সমান্তরালে এক বাহু AB বসাইয়া ABCDEFGH,—এই সমবাহু অষ্টভুজ অঙ্কিত কর। উহার অক্ষবিন্দু O নির্ণয় কর, এবং তাহার সহিত কৌণীয় বিন্দুগুলি সংযুক্ত কর। এখন উহার প্রত্যেক কৌণীয় বিন্দু হইতে ভূমিরেখা পর্যন্ত প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন কর। দেখা যাইবে, প্ল্যানের G, H, D ও C-বিন্দুর প্রক্ষেপ চারিটির স্থানে দুইটি হইয়াছে। এইবার প্ল্যানের অক্ষবিন্দু হইতে যে প্রক্ষেপ উঠিয়াছে, তাহাকে পিরামিডের খাড়া উচ্চতার সমান দীর্ঘ করিয়া, O-বিন্দুর সহিত প্রক্ষেপিত বিন্দু *hg*, *af*, *be* ও *cd*-র সহিত সংযোগ করিয়া উহার পুরোদৃশ্য সম্পূর্ণ কর।

এইবার প্রথম ভূমিরেখার সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে অপর ভূমিরেখা অঙ্কিত কর, এবং *c*-বিন্দুর অনুরূপ *c'd'* বিন্দু হইতে, (অর্থাৎ যে বিন্দুতে প্রথম ভূমিরেখার সহিত নূতন ভূমিরেখা ছেদ করিয়াছে, তথা হইতে), *cd-be-af* ও *hg*-র সমান সমান দূরত্ব বসাইয়া, নূতন অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য পূর্ব্বের অক্ষরেখার সমান করিয়া O'-বিন্দু নির্দেশ কর, এবং দ্বিতীয় অবস্থার পিরামিডের পুরোদৃশ্য সম্পূর্ণ কর।

চিত্র নং 130

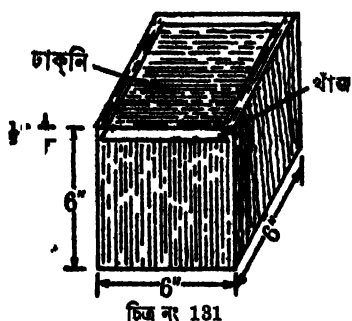
প্ল্যানের জন্য দীর্ঘ-ঊর্ধ্বাধঃ প্রক্ষেপ-রেখা সকল নামাও, আর প্রথম প্ল্যানের AB, HC, GD

ও FE হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ রেখা টানিয়া, যে বিন্দুতে $a'f'$ রেখার সহিত AB রেখা ছেদ করিয়াছে, সেখানে a_1, ও যেখানে ঐ রেখা FE-র সহিত ছেদ করিয়াছে, তাহাকে f_1 ; যে বিন্দুতে $b'c'$ হইতে ঊর্ধ্বাধঃ রেখা AB-অনুভূমিক রেখাকে ছেদ করিয়াছে, সেই বিন্দুকে b_1,—এইভাবে একটি অষ্টকোণ আধার নির্মাণ করিয়া, O-বিন্দুর সহিত যোগ কর। ইহা করিবার সময় দেখা যাইবে, $b_1a_1h_1g_1$ এবং f_1 কোণ হইতে O-কে সংযুক্ত করিতে হইলে, c_1O এবং d_1O$_1$ শির দুইটি ঢাকা পড়ে ; সুতরাং আধারের b_1c_1, c_1d_1, এবং d_1e_1 বাহু তিনটি, ও c_1O এবং d_1O শির দুইটি ফুটকি ফুটকি রেখার দ্বারা অঙ্কিত করিতে হইবে।

চতুর্দ্দশ পরিচ্ছেদ

ছেদ-চিত্র বা খণ্ডিত দৃশ্য (Section or Intersection)

শুধু প্রক্ষেপ দ্বারা কোন বস্তুর প্ল্যান, পুরোদৃশ্য (কিংবা পার্শ্ব-দৃশ্য) করিলে, তাহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা কিংবা বেধ, এবং তাহার বহির্গাত্রে যদি কোন উদ্গত অংশ অথবা কোন গহ্বর প্রভৃতি থাকে, তবে তাহা প্রকাশ পায় বটে, কিন্তু উহা নিরেট কি শূন্যগর্ভ তাহা, (যদিও ফুটকি ফুটকি রেখার দ্বারা প্রকাশ পায়, তবু) সহজে বোধগম্য হয় না, তাই এমন ক্ষেত্রে, তাহাকে মনে মনে খণ্ডিত করিলে তাহার অভ্যন্তর-ভাগে যাহা আছে, অথবা থাকিবার কথা, প্রকাশ্য-ভাবে তাহা অঙ্কিত করিলে প্রভূতভাবে, বুঝিবার, ও সেইমত উহাকে গঠন করিবার, সহায়তা হয়। চিত্র নং 131 দেখিলে ইহা স্পষ্ট বুঝা যাইবে যে, উহাতে কেবল ঘন বস্তুটির বাহিরের খুটিনাটিই দেখান' হইয়াছে, কিংবা দেখাইতে পারা সম্ভব।

বিষয়টি বুঝাইবার জন্য একটি সহজ দৃষ্টান্ত দেওয়া হইতেছে। মনে কর, একটি ঘনক-আকৃতির কাঠের বাক্স প্রস্তুত করার জন্য নক্সা করিতে হইবে, বাক্সটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা সব ছয় ইঞ্চ করিয়া, বাক্সের একটি ঢাক্‌নি (cover) থাকিবে, তাহা এক পাশ হইতে ঠেলিয়া দিলে, বাক্সের উপরের দিকে দুই পাশে যে খাঁজ থাকিবে, তাহার ভিতর দিয়া প্রবেশ করিবে ও উহাকে বন্ধ রাখিবে। (আপাততঃ উহাকে খোলাদেওয়া করিবার অন্য কোন ব্যবস্থার কথা চিন্তা করার প্রয়োজন নাই।)

চিত্র নং 131

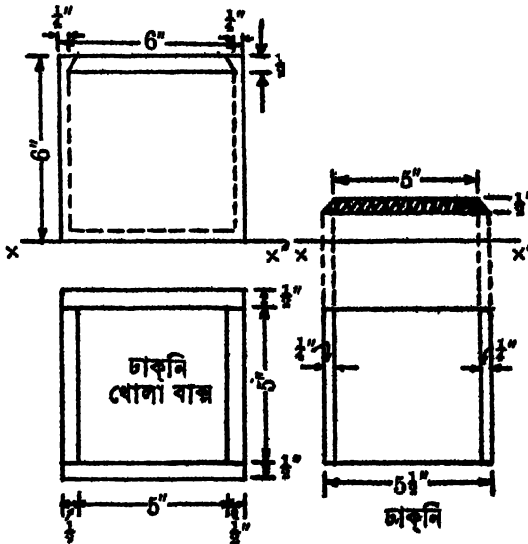
স্পষ্ট বুঝা যাইতেছে, এমন চিত্র হইতে বাক্সটি শূন্যগর্ভ (ফাঁপা) কিনা কিছুই বোধগম্য হইবার উপায় নাই। অবশ্য যখন ইহাকে বাক্স বলিয়া উল্লেখ করা

হইয়াছে, তখন ইহা নিশ্চিতই শূন্যগর্ভ হইবে ; কিন্তু তবু ইহার চারি পার্শ্বের ও নীচের কাঠ কতটা করিয়া মোটা হইবে তাহার কোনই হদিশ পাওয়া যায় না। ঢাক্‌নি কতটা পুরু হইবে, তাহার মাপাঙ্ক ইহাতে দেখান' যাইতে পারে, এবং দেখা যাইতেছে উহা আধ ইঞ্চ মোটা হইবে।

দুই উপায়ে বাক্সের শূন্যগর্ভতা নক্সায় প্রকাশ করিবার কথা, যাহা উপরে উল্লিখিত হইয়াছে, তাহা এই যে, (i) বাক্সের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করিয়া ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখার সাহায্যে উহার দেওয়াল ও তলার স্থূলত্ব (thickness of the base), এবং তাহার সঙ্গে পৃথক্ ভাবে ঢাক্‌নির দৃশ্য অঙ্কিত করা। চিত্র নং 132 দ্বারা ইহা বুঝান' হইয়াছে।

(i) **ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখার দ্বারা শূন্যগর্ভ দ্রব্যের নক্সা**

বাঁ পাশের দৃশ্যটি ঢাক্‌নি-খোলা অবস্থায় বাক্সের নক্সা ; ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখা-

চিত্র নং 132

গুলি বাক্সের দেওয়ালের ও তলার কাঠের স্থূলত্ব নির্দেশ করিতেছে ; সুতরাং বাক্সের ভিতরে কতটা জায়গা পাওয়া যাইবে, তাহা পরিষ্কার বুঝিতে

পারা যায়। তাহা ছাড়া, উহার জন্য পৃথক্‌ভাবে যে ঢাক্‌নি প্রস্তুত করিতে হইবে, তাহারও নক্সা ডানপাশে দেওয়া হইয়াছে। উহার পুরোদৃশ্যে দেখা যাইবে ঢাক্‌নিটির দুই পাশ ট্যারছা (bevel) করিয়া কাটা, আর যাহাতে ঐ ঢাক্‌নি বাক্সের সুমুখ দিক দিয়া ঠেলা দিয়া বাক্সকে বন্ধ করিতে পারা যায়, তাহার জন্য বাঁপাশের চিত্রের পুরোদৃশ্যের দুই পাশের কাঠের উপরিভাগে লম্বালম্বি অনুরূপ খাঁজ (dovetailed groove) কাটা আছে। কিন্তু যেখানে নক্সা জটিল হয়, সেখানে এ প্রথা ব্যবহারে না আনিয়া দ্রব্যটির, একটি, (এবং আবশ্যক হইলে একাধিক), খণ্ডিত চিত্র অঙ্কিত করা হইয়া থাকে।

(ii) খণ্ডিত চিত্র দ্বারা শূন্যগর্ভ দ্রব্যের নক্সা

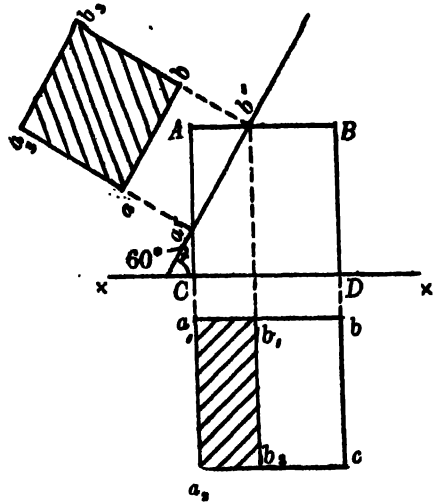
কোন দ্রব্যকে খণ্ডিত করিলে (কাটিলে) তাহার ভিতরের অবস্থা প্রকাশ পায়; তাই যে বস্তু নির্মাণ করিতে হইবে তাহার অভ্যন্তর কিরূপ হইবে, কিংবা নির্মিত বস্তুর অভ্যন্তরে কি থাকিবে নক্সার দ্বারা প্রকাশ করিতে হইলে, তাহার "খণ্ডিত চিত্র" বা "ছেদ-চিত্র" (Sectional View) অঙ্কিত করিয়া প্রকাশ করাও হয়।

এইভাবে প্রকাশের কৌশল-শিক্ষার প্রথম সোপান সাধারণ ঘন-বস্তুর "ছেদ-চিত্র" অঙ্কন, এবং ঐ প্রকার অঙ্কিত ছেদ-চিত্র হইতে পাঠোদ্ধার,—অর্থাৎ ঐ বস্তুটি কি প্রকারের, তাহা বুঝিতে পারা।

কতিপয় উদাহরণের অনুশীলন দ্বারা ইহা বুঝান' হইতেছে।

সম্পাদ্য 1

3 সেণ্টিমিটার দীর্ঘ বাহুবিশিষ্ট কোন ঘনক, তাহার এক পার্শ্বদেশ (one face) ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরাল অবস্থায় ভূমিতলের উপরে অবস্থিত। উহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর; এইবার মনে কর, ঐ পুরোদৃশ্যকে অনুভূমিকের সহিত 60°-ডিগ্রিতে আনত ও ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব এক তল (plane) দ্বারা ছেদ করা হইল; এইবার ইহার প্ল্যান, পুরোদৃশ্য, এবং ঐ খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার (true shape of the section) অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: প্রথমে XX′-রেখার নীচে ঘনকের প্ল্যান ও উপরে পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। এখন ঐ পুরোদৃশ্যে ভূমিরেখা XX′-এর সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে এক রেখা টান। যেহেতু, যে তল (plane) দ্বারা ঘনকের পুরোদৃশ্যকে খণ্ডিত করিতে হইবে তাহা ঊর্দ্ধাধঃ-তলের অনুলম্ব-ভাবে থাকিবে, সেই হেতু পুরোদৃশ্যে ঐ তল মাত্র এক সরলরেখার দ্বারাই প্রকাশ পাইবে; আর ঐ রেখা XX′-রেখার সহিত 60°-ডিগ্রিতে আনত হইবে।

চিত্র নং 133

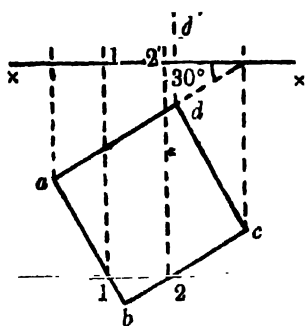
এইবার মনে করিতে হইবে, ছেদিত অংশ $a'Ab'$-কে সরাইয়া লওয়া হইল, তাই এখন $a'Ab'$-অংশ ফুট্‌কি ফুট্‌কি রেখার দ্বারা সূচিত হইবে (বুঝাইবার জন্য চিত্রে ইহা করা হয় নাই)। এখন খণ্ডিত পুরোদৃশ্যের $Ca'b'BD$,—এই অংশ অবশিষ্ট রহিল। ইহার প্ল্যান আঁকিতে হইবে; অর্থাৎ C ও b' বিন্দুদ্বয় হইতে ঘনকের প্ল্যানের উপরে প্রক্ষেপ-রেখা ফেলিতে হইবে। ইহাতে প্ল্যানে যে $a_1a_2b_2b_1$—একটি আয়তক্ষেত্রের উৎপত্তি হইল, তাহাই খণ্ডিত অংশের প্ল্যান; এই কারণে $a_1a_2b_2b_1$,-অংশটিকে ছেদ-রেখার দ্বারা নির্দেশ করিতে হইবে।

ছেদ-রেখাগুলি সাধারণতঃ ভূমিরেখার সহিত 45° ডিগ্রিতে আনত হয়, ও পরস্পরের সমান্তরালে ও সমান দূরে আঁকা হয়। তবে আবশ্যক হইলে অন্য যে-কোন আনতিতে আনত করিয়া আঁকা যাইতেও পারে।

খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার বাহির করিতে হইলে, $a'b'$-এর সমান্তরালে একটি রেখা ab টান, এবং a' ও b' হইতে দুইটি প্রক্ষেপ-রেখা তাহার উপরে

উত্তোলন কর। ঐ a এবং b বিন্দুদ্বয় হইতে দুইটি লম্ব উত্তোলন কর, আর তাহাদের উচ্চতা $aa_3 = a_1a_2$; এবং $bb_3 = b_1b_2$ কর ; a_3 ও b_3, এক সরল রেখার দ্বারা সংযুক্ত কর ; এই সামান্তরিক (parallelogram)-ই খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার। ইহাকেও ছেদ-রেখার দ্বারা চিহ্নিত কর।

সম্পাদ্য 2

3·5 সেন্টিমিটার দীর্ঘ ভুজের কোন ঘনক তাহার এক ভুজ ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে ভূমিতলের উপরে অবস্থিত আছে। এখন যদি উহার প্ল্যানকে এক ঊর্ধ্বাধঃ-তল—1-2-র দ্বারা ছেদ করা যায়, তবে ঐ খণ্ডিত অবস্থার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 134

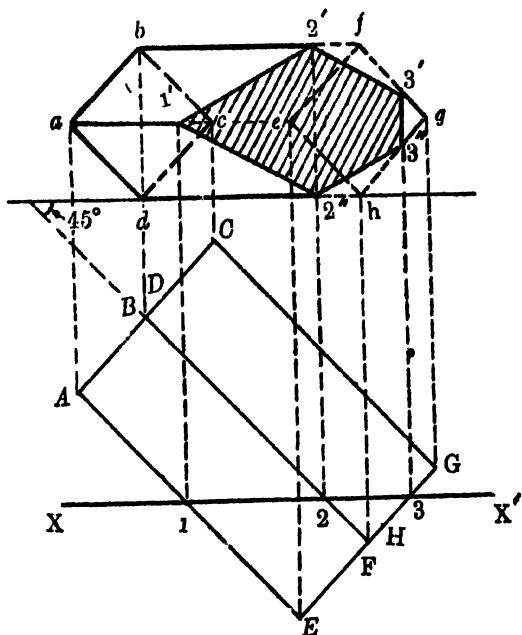
অঙ্কন : XX′-ভূমিরেখার তলদেশে ঘনকের পূর্ণ প্ল্যান $abcd$ এমন ভাবে অঙ্কিত কর, যাহাতে তাহার এক ভুজ ad, XX′-রেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত থাকে। এইবার এক ঊর্ধ্বাধঃ-তলের দ্বারা (এখানে ঊর্ধ্বাধঃ-তল এক সরল রেখায় প্রতিভাত হইবে) ঘনককে 1 2 বিন্দুতে ছেদ করিল।

অনন্তর এই অবস্থার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করিতে হইলে, প্ল্যানের a, b, c ও d বিন্দু সকল হইতে প্রক্ষেপ রেখা উত্তোলন করিতে হয় ; কিন্তু প্ল্যানের ab ও bc ভুজদ্বয় 1 এবং 2 বিন্দুতে খণ্ডিত হওয়ায় 1-b-2 অংশ বাদ পড়িয়াছে, সুতরাং প্ল্যানে ঐ অংশটুকু ফুটকি ফুটকি রেখার দ্বারা নির্দিষ্ট হইবে ; আর পুরোদৃশ্যের জন্য a, 1, 2, এবং c,—এই বিন্দু সকল হইতে প্রক্ষেপ রেখা $a'a''$, $1'1''$, $2'2''$, $c'c''$ পর্য্যন্ত উত্তোলন কর। প্ল্যানের b-বিন্দু হইতে কোন রেখা উত্তোলিত হইবে না, কারণ ছেদন-তল 1-2-এর দ্বারা প্ল্যান কর্তিত হওয়ায় b-কোণ বাদ পড়িয়াছে, এবং

ইহাতে 1′2′2″1″, এই আয়তক্ষেত্রের উৎপত্তি হইয়াছে। ইহাকে ছেদ-রেখার দ্বারা চিহ্নিত করিতে হইবে ; এবং *d* হইতে যে প্রক্ষেপ রেখা উঠিবে, পুরোদৃশ্যে তাহা অদৃশ্য থাকিবে বলিয়া *d′a″*-রেখা ফুট্‌কি ফুট্‌কি হইবে।

সম্পাদ্য ৪

2·5 সেণ্টিমিটার ভুজবিশিষ্ট আধার ও 6·3 সেণ্টিমিটার উচ্চতার সম-চতুষ্কোণ প্রিজমের পুরোদৃশ্য কোন এক শিরের উপরে দাঁড়ান' অবস্থায় দেওয়া আছে। উহার অক্ষরেখা অনুভূমিক তলের

চিত্র নং 135

সমান্তরাল এবং ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত। উহার প্ল্যান এক XX′-ঊর্ধ্বাধঃ-তলের দ্বারা খণ্ডিত হইল ; খণ্ডিত অবস্থায় পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

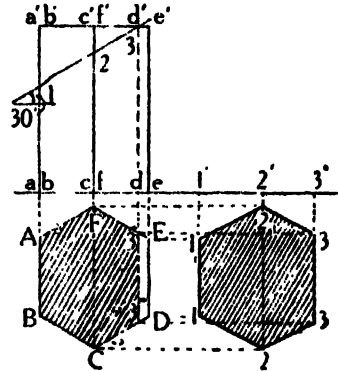
অঙ্কন : প্রথমে এক ভূমিরেখা অঙ্কিত করিয়া তাহার নীচে, এবং উহার সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত অক্ষরেখা-বিশিষ্ট প্ল্যান A(BD)CG(HF)E অঙ্কিত কর; উহার অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য 6·3 সেণ্টিমিটার হইবে। প্ল্যানের AC ও EG রেখাদ্বয় প্রিজ়মের দুই পার্শ্বের কর্ণ। যেহেতু প্রিজ়মের আধার সম-চতুষ্কোণ এবং প্রত্যেক বাহু 2·5 সেণ্টিমিটার, সেহেতু AC ও EG-র দৈর্ঘ্য $\sqrt{2} \times 2{\cdot}5 = 3{\cdot}525$ সেণ্টিমিটার করিয়া হইবে। অঙ্কনের সাহায্যে ইহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে হইলে, ভূমিরেখার উপরে এক বর্গক্ষেত্র *abcd* এমন ভাবে অঙ্কিত কর যাহার প্রত্যেক বাহু 2·5 সেণ্টিমিটার করিয়া হয়, ও উহার এক কৌণীয় বিন্দু *d*-র উপরে এমন ভাবে থাকে যে, উহার *ad* ও *dc* ভুজদ্বয় ভূমিরেখার সহিত সমান কোণ (অর্থাৎ 45°-ডিগ্রি) করিয়া থাকে। এইবার ইহার কর্ণ *ac* যত দীর্ঘ হইবে, প্ল্যানে AC ও EG-র দৈর্ঘ্যও তত হইবে। এই প্ল্যান সম্পূর্ণ করিবার পর উহার অখণ্ডিত পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অনন্তর, মনে কর XX′,—এই ঊর্ধ্বাধঃ-তলের দ্বারা প্রিজ়মের প্ল্যান 1, 2, এবং 3-বিন্দুতে খণ্ডিত হইল। যেহেতু AE-রেখা প্রিজ়মের এক শির, সে কারণে 1-এর প্রক্ষেপ পুরোদৃশ্যে *ac* রেখা পর্য্যন্ত উত্তোলিত হইবে; এইভাবে 2-হইতে উত্তোলিত প্রক্ষেপ-রেখা পুরোদৃশ্যকে 2″ ও 2′ বিন্দুদ্বয়ে ছেদ করিবে, এবং 3-হইতে উত্তোলিত প্রক্ষেপ-রেখা 3″ ও 3′ বিন্দুদ্বয় ছেদ করিবে। সুতরাং খণ্ডিত অংশের পুরোদৃশ্য 1′2′3′3″2″1′,—এই ক্ষেত্রের দ্বারা সীমাবদ্ধ হইবে।

সম্পাদ্য 4

2·5 সেণ্টিমিটার উচ্চতা-বিশিষ্ট কোন ষড়্‌ভুজ প্রিজ়ম ভূমিতলের উপরে খাড়া ভাবে দাঁড়াইয়া আছে, এবং উহার দুই সন্নিহিত বাহু ভূমিরেখার সহিত সমান আনতিতে রহিয়াছে। ইহার পুরোদৃশ্য ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত ও ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব এক ছেদন-তলের দ্বারা খণ্ডিত। ইহার প্ল্যান ও খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : প্রথমে সম-ষড়্‌ভুজ প্ল্যান অঙ্কিত করিয়া, উহা হইতে প্রিজ়মের

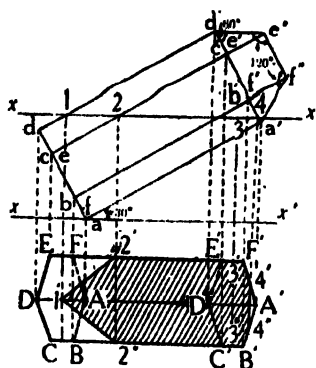
পুরোদৃশ্য অঙ্কন কর। অতঃপর ঐ পুরোদৃশ্যকে 30°-ডিগ্রিতে আনত ছেদন-তলের দ্বারা ছেদ কর; ঐ তল প্রিজমের ঊর্ধ্বাধঃ শিরগুলিকে 1, 2, 3-বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। উহা হইতে প্রক্ষেপ-রেখা পাত করিয়া, খণ্ডিত প্ল্যানের চিত্র নির্ধারণ কর।

চিত্র নং 136

খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কনের জন্য দক্ষিণপার্শ্বে 1′ − 2′ − 3′ = 1 − 2 − 3 করিয়া চিহ্নিত কর, ও উহা হইতে তিনটি প্রক্ষেপ-রেখা পাতিত কর; আর প্ল্যানের A,F, 3″, 3‴,C,B, —বিন্দু সকল হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখা অঙ্কন করিয়া উপযুক্ত বিন্দুতে ছেদ করিয়া $1_1 1_2 2_2 3_2 3_1 2_1 1_1$—ক্ষেত্র নির্ধারণ কর।

সম্পাদ্য 5

2·5 সেণ্টিমিটার ভুজের ও 6·3 সেণ্টিমিটার উচ্চতার কোন সম-ষট্‌কোণী প্রিজম ক্ষিতিতলের উপরে এমন ভাবে দাঁড়াইয়া আছে যে, তাহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরাল ও অনুভূমিক তলের সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত। ইহার পুরোদৃশ্য এমন এক অনুভূমিক তলের দ্বারা খণ্ডিত, যাহা প্রিজমকে 1, 2, 3 এবং 4 বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। ইহার খণ্ডিত অবস্থার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: প্রথমে ভূমিরেখা টানিয়া তাহার উপরে 30°-ডিগ্রি আনতিতে 3·3 সেণ্টিমিটার লম্বা aa' রেখা অঙ্কিত কর। এইবার a ও a'-এর সঙ্গে 90°-ডিগ্রিতে প্রিজমের আধার-রেখা আঁক। যেহেতু ইহা ষট্‌কোণী প্রিজম, সে কারণে আধার রেখার দৈর্ঘ্য তাহার বাহুর দ্বিগুণ হইবে। [অঙ্কনের সাহায্যে করিতে হইলে, প্রথমে a' বিন্দু হইতে 60°-ডিগ্রি আনতিতে 2·5 সেণ্টিমিটার লম্বা এক রেখা টান; তাহার অপর প্রান্ত হইতে তাহার সহিত 120°-ডিগ্রি করিয়া অন্য এক রেখা টান, তাহারও দৈর্ঘ্য 2·5 সেণ্টিমিটার হইবে, এবং এই রেখারও

অপর প্রান্ত হইতে 120°-ডিগ্রি করিয়া 2·5 সেণ্টিমিটার লম্বা তৃতীয় ভুজরেখা টানিয়া তাহার অপর প্রান্তের সহিত a' কে যোগ করিলে $a'd'$-রেখার দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে; এখন c'' ও f'' কৌণীয় বিন্দুদ্বয় হইতে $a'd'$-এর উপরে প্রক্ষেপ-রেখা পাত করিলে বাহুগুলির প্রক্ষেপিত দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে]। অনন্তর আধার-রেখাকে সমান পাঁচভাগে ভাগ করিয়া একভাগ $a'b'$, দুইভাগ $b'c'$, এবং একভাগ $c'd'$ রাখিলে $b'f'$ ও $c'e'$-এর অবস্থান পাওয়া যাইবে। এইবার উহা হইতে পুরোদৃশ্য সম্পূর্ণ কর ও তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

চিত্র নং 137

অনন্তর পুরোদৃশ্যে xx' এক অনুভূমিক ছেদন-তল টানিয়া প্রিজমকে 1, 2, 3 এবং 4-বিন্দুতে খণ্ডিত কর, এবং তাহা হইতে প্ল্যানে প্রক্ষেপ-রেখা সকল পাতিত করিয়া খণ্ডিত অংশের চিত্র সম্পূর্ণ কর।

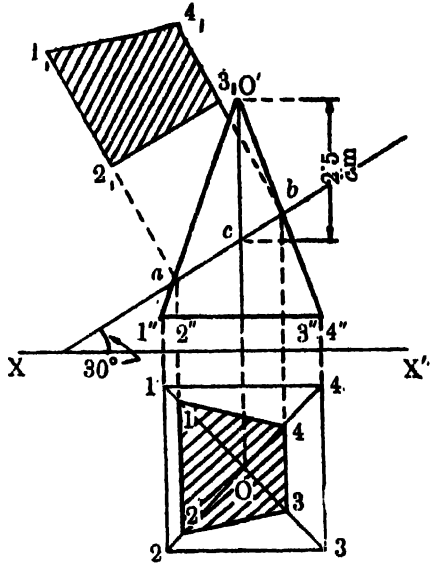
সম্পাদ্য 6

কোন চতুষ্কোণ পিরামিডের আধারের ভুজ 2·5 সেণ্টিমিটার ও তাহার উচ্চতা 6·35 সেণ্টিমিটার; অনুভূমিক তলের উপরে তাহার এক বাহু ভূমিরেখার সহিত সমান্তরাল করিয়া দাঁড়াইয়া আছে। এই পিরামিডের চূড়া হইতে 2·5 সেণ্টিমিটার নীচে যে একটি তল-দ্বারা উহা কর্তিত, তাহা ভূমিতলের সহিত 30°-ডিগ্রি কোণে আনত, ও ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব। ইহার প্ল্যান, পুরোদৃশ্য ও খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কিত কর।

প্রথমে চতুষ্কোণ পিরামিডের প্ল্যান-স্বরূপ 1 2 3 4-বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর। 1-3 এবং 2-4 কৌণীয় বিন্দু পরস্পর সংযুক্ত করিলে প্ল্যানে উহার শীর্ষবিন্দু O পাওয়া যাইবে। ইহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত করিতে হইলে, 1 এবং 4 কৌণীয় বিন্দু হইতে দুইটি প্রক্ষেপ-রেখা তুলিয়া 1″ এবং 4″-বিন্দু দুইটিকে

XX'-রেখার সমান্তরালে এক রেখার দ্বারা যুক্ত করিয়া দাও; ইহাই পিরামিডের আধারের বাহুর দৈর্ঘ্য। এইবার উহার খাড়া উচ্চতার জন্য প্ল্যানের O-বিন্দু হইতে এক প্রক্ষেপ-রেখা তুলিয়া, আধার হইতে 6·35 সেন্টিমিটার ঊর্ধ্বে O'-বিন্দু পর্যন্ত লইয়া যাও, এবং 1"-O', ও 4"-O' দ্বারা সংযুক্ত কর। ইহাই পিরামিডের অখণ্ডিত অবস্থার পুরোদৃশ্য।

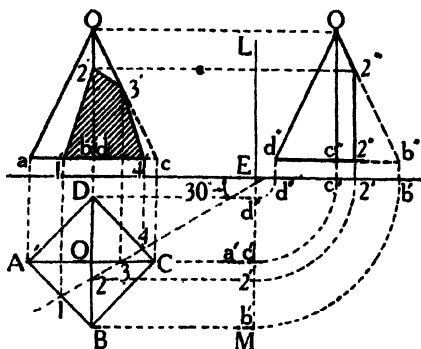
চিত্র নং 138

অতঃপর XX'-রেখার সঙ্গে 30°-ডিগ্রিতে ছেদন-তলের পুরোদৃশ্য এক সরল রেখা অঙ্কিত করিয়া, তাহাকে পিরামিডের শীর্ষবিন্দু O' হইতে 2·5 *cm*, নীচের *c*-বিন্দুর উপর দিয়া চালিত কর, এবং মনে কর *a*O'*b*-অংশটুকু সরাইয়া লওয়া হইল। তাহা হইলে পুরোদৃশ্যে পিরামিডের (1"2")-*a*-*b*-(3"4") অংশটুকু অবশিষ্ট থাকিবে। এইবার এই অবশিষ্ট অংশের প্ল্যান অঙ্কনের জন্য *a* এবং *b* বিন্দু হইতে দুই প্রক্ষেপ-রেখা পূর্বে অঙ্কিত প্ল্যানের উপরে নামাইয়া দাও। যে যে বিন্দুতে ঐ প্রক্ষেপ-রেখা-দুইটি প্ল্যানের কর্ণদ্বয়কে ছেদ করিবে, তাহাদের এক একটি রেখার দ্বারা সংযুক্ত করিয়া ছেদিত অংশের প্ল্যান লাভকর, ও ছেদ-রেখার দ্বারা ঐ উৎপন্ন চতুর্ভুজকে নির্দেশ কর।

এখন খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার পাইবার জন্য, ছেদ-রেখা *ab*-র সমান্তরালে ও উপরের দিকে এক রেখা টান, এবং পুরোদৃশ্যের *a* এবং *b*-বিন্দুদ্বয় হইতে দুইটি প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া উহাকে, যথাক্রমে, 2_1 এবং 3_1 বিন্দুতে ছেদ করিয়া আরও ঊর্ধ্বে লইয়া যাও। স্পষ্টই দেখিতে পাওয়া যাইতেছে, ইহাতে

2_1 3_1 অংশটুকু *ab*-র সমান হইল। এখন 2_1-1_1-রেখাকে প্ল্যানে 2-1-এর সমান, এবং 3_1-4_1 রেখাকে 3-4 রেখার সমান করিয়া বসাইয়া, 1_1, 2_1, 3_1, 4_1,-এই চতুষ্কোণ ক্ষেত্র অঙ্কিত কর, এবং উহাকে ছেদ-রেখার দ্বারা চিহ্নিত কর।

সম্পাদ্য 7

3·2 সেন্টিমিটার দীর্ঘ বাহু ও 6·36 সেন্টিমিটার উচ্চতার কোন চতুষ্কোণ পিরামিড অনুভূমিক তলের উপরে এমন ভাবে অবস্থিত যে, ভূমিরেখার নিকটবর্তী পিরামিডের কোণের সংলগ্ন দুইটি বাহু ঐ রেখার সহিত 45°-ডিগ্রি কোণ আনত আছে; এবং পিরামিডের প্ল্যান এমন এক তলের দ্বারা খণ্ডিত, যাহা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রি কোণে আনত, এবং ঐ তল, প্ল্যানে, পিরামিডের শীর্ষবিন্দুর 1·25 সেন্টিমিটার সুমুখ দিয়া চলিয়া গিয়াছে। এই অবস্থার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: প্রথমে ভূমিরেখার সহিত 45°-ডিগ্রি কোণ করিয়া চতুষ্কোণ পিরামিডের 3·2 সেন্টিমিটার বাহুবিশিষ্ট এক বর্গক্ষেত্র ABCD উহার প্ল্যান রূপে অঙ্কিত কর; আর AC এবং BD যোগ করিয়া পরস্পরের ছেদ বিন্দুতে উহার শীর্ষবিন্দু O-এর স্থান নির্দেশ কর। ইহার পুরোদৃশ্য *a*O′*c*- এই ত্রিভুজ; ইহার খাড়া উচ্চতা (*bd*)O′ = 3·2 সেন্টিমিটার।

চিত্র নং 139

অনন্তর ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে, এবং প্ল্যানের O-বিন্দুর 1·25 cm. সুমুখে অবস্থিত বিন্দু 2-কে স্পর্শ করিয়া এক ছেদ-রেখা টান। মনে কর এই ছেদ-রেখা পিরামিডের প্ল্যানকে 1, 2, 3, 4,—এই চারি বিন্দুতে ছেদ করিল। ঐ বিন্দু সকল হইতে প্রক্ষেপ-রেখা টানিয়া

পুরোদৃশ্যের উপযুক্ত ভুজ পর্যন্ত উত্তোলন কর। দেখা যাইবে, AB-র উপরের 1-বিন্দুর প্রক্ষেপ পুরোদৃশ্যের ab_1-এই আধার-ভুজের উপরে পড়িয়া 1′ চিহ্ন লাভ করিয়াছে ; সেইরূপ, 3-বিন্দু O′c শিরের মধ্যে 3′ বিন্দু হইয়াছে ; এবং 4-বিন্দু $(bd)c_1$,—এই আধার-ভুজের 4′-বিন্দুরূপে প্রক্ষেপিত হইয়াছে। কিন্তু প্ল্যানের OB-র উপরের 2-বিন্দুর প্রক্ষেপ এরূপ সরাসরি ভাবে পাইতে পারা যায় না। তাই উহা পাইবার জন্য পার্শ্ব-দৃশ্য অঙ্কিত করিতে হইবে।

ইহার জন্য এক ঊর্ধ্বাধঃ-রেখা LEM টান, এবং EM রেখার উপরে B, 2, C ও D-বিন্দু হইতে অনুভূমিক ভাবে প্রক্ষেপ করিয়া b', 2′ $(a'c')$ ও d' বিন্দুগুলি নিরূপণ কর। অনন্তর E-কে কেন্দ্র, ও Ed′, Ec′, E2′ এবং Eb'-কে ব্যাসার্ধ লইয়া এক এক বৃত্তপাদ অঙ্কিত করিয়া আধার-রেখা $d''b''$, ও মধ্যশিরের রেখার c''-বিন্দু লাভ করিয়া তাহাকে উচ্চে বর্ধিত কর, এবং O′ বিন্দু হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ টানিয়া উহাকে O″-বিন্দুতে ছেদ কর ; উহাই পিরামিডের পার্শ্ব-দৃশ্যের শীর্ষবিন্দু। O″-এর সঙ্গে d'', c'', এবং b'' যোগ করিলে পার্শ্ব-দৃশ্য হইল। এইবাব 2″-বিন্দু হইতে ঊর্ধ্বে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলিত করিলে উহা O″b''-ভুজেব 2‴ বিন্দুতে স্পর্শ করিবে। এখন ঐ 2‴-বিন্দু হইতে পুরোদৃশ্যের দিকে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখা চালিত করিলে উহা O′-(bd) রেখাকে যে বিন্দুতে স্পর্শ করিবে, তাহাই প্ল্যানে 2-বিন্দুর প্রক্ষেপ, ইহাকে 2′ বলিয়া নির্দেশ কর।

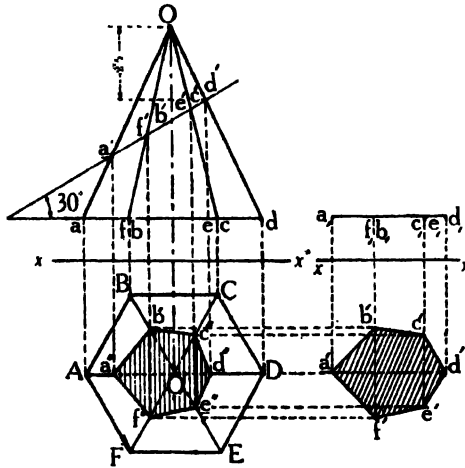
সর্বশেষে 1′-2′, 2′-3′, 3′-4′ যোগ কব, ও এই সকল রেখার দ্বারা সীমাবদ্ধ পিরামিডের ক্ষেত্র 1′2′3′4′1′-ই খণ্ডিত অংশ।

সম্পাদ্য 8

3·2 সেন্টিমিটার দীর্ঘ আধারের ভুজ এবং 6·3 সেন্টিমিটার খাড়া উচ্চতা-বিশিষ্ট কোন সম-ষট্‌কোণী ষড়্‌ভুজ পিরামিড, উহার আধারের এক বাহু ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে ভূমিতলের উপরে অবস্থিত। ঐ পিরামিডের পুরোদৃশ্যকে ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত, ও ঊর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব এক তলের দ্বারা খণ্ডিত করা হইল ; ঐ তল পিরামিডের শীর্ষবিন্দু হইতে ঢালু শিরের 2·6 সেন্টিমিটার

নীচে দিয়া চলিয়া গিয়াছে। খণ্ডিত পিরামিডের প্ল্যান, পুরোদৃশ্য, ও খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কিত কর।

অঙ্কন : প্রথমে 3·2 সেন্টিমিটার ভুজের পিরামিডের প্ল্যান অঙ্কিত কর, এবং উহার কৌণীয় বিন্দু সকল হইতে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া পুরোদৃশ্যের

। নং 140

আধার-রেখা $a(fb)(ec)\ d$ নির্ণয় কর ; প্ল্যানের শীর্ষবিন্দু O-হইতে উচ্চে প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া, আধার রেখা হইতে 6·5 সেন্টিমিটার উচ্চে পুরোদৃশ্যের শীর্ষবিন্দু "O" নির্দিষ্ট করিয়া oa, $o(fb)'$, $o(ec)$, এবং od যোগ করিয়া পুরোদৃশ্য সম্পূর্ণ কর।

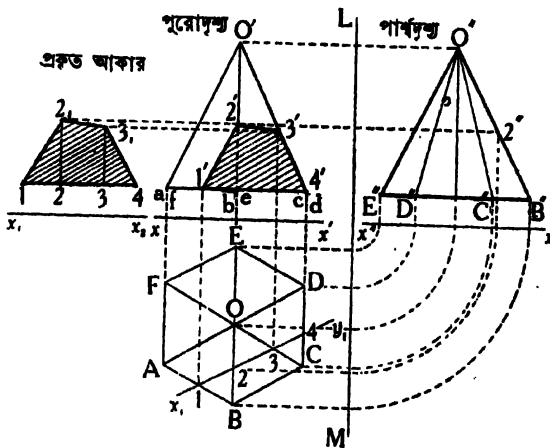
এইবার এই পুরোদৃশ্যে ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত ছেদন-তলের রেখা এমন ভাবে আঁক যে উহা শীর্ষবিন্দু O হইতে, Od-রেখার 2·5 সেন্টিমিটার নীচে দিয়া চলিয়া যায়। ইহাতে পিরামিডের প্রত্যেক শির a', $(f'b')$, $(e'c')$ ও d' বিন্দুতে খণ্ডিত হইবে। এখন এই সকল বিন্দু হইতে অধোদিকে প্রক্ষেপ-রেখা ফেলিয়া, প্ল্যানের উপর দিয়া ছেদন-তল যাওয়ার বিন্দুগুলি নির্ণয় কর ; এবং ঐ বিন্দুগুলি যোগ করিয়া, ও ছেদ-রেখা টানিয়া প্ল্যানের ছেদিত দৃশ্য সম্পূর্ণ কর।

খণ্ডিতাংশের প্রকৃত আকার অঙ্কনের জন্য, ছেদ-রেখার $a'd'$-এর সমান করিয়া

এক সরলরেখা $a_1\ d_1$ অঙ্কিত কর, এবং $a_1(f_1b_1)=a'(f'b')$; $(f_1b_1)(e_1, c_1)$ $=(f'b')(e'c')$; এবং $=(e_1,c_1)\ d_1=(e'c')d'$ করিয়া দাগ দাও। এই বিন্দুগুলি হইতে নীচে প্রক্ষেপ-রেখা পাতিত কর, এবং প্ল্যানের a'', b'', c'',—ইত্যাদি বিন্দু হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ টানিয়া উহাদিগকে উপযুক্ত বিন্দুতে ছেদ কর, এবং তাহাদিগকে রেখার দ্বারা সংযুক্ত করিয়া ছেদ-রেখা অঙ্কিত কর।

সম্পাদ্য 9

সম্পাদ্য 5.-এর সম-ষট্‌কোণী পিরামিড ভূমিতলে এমনভাবে রহিয়াছে যে, উহার দুই সন্নিহিত বাহু ভূমিরেখার সহিত সমান কোণে আনত ; ঐ পিরামিডকে এক ছেদন-তলের দ্বারা চিত্রে প্রদর্শিত প্রকারে খণ্ডিত করা হইয়াছে। ইহার কর্তিত অবস্থার পুরোদৃশ্য এবং খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কিত করিয়া দেখাও।

অঙ্কন : ভূমিরেখার নিম্নদিকে উহার অনুলম্বভাবে এক ঊর্ধ্বাধঃ-রেখা টান, এবং ঐ রেখার সহিত উভয়দিকে 60°-ডিগ্রি করিয়া, 3'2 সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের

চিত্র নং 141

দুই রেখা EF ও ED অঙ্কিত কর, এবং ঐ দুই রেখাকে দুই বাহু করিয়া একটি সম-ষড়্‌ভুজ EFABCD অঙ্কিত কর ; উহাদের বিপরীত কৌণীয় বিন্দুগুলির

প্রতিচ্ছেদ-বিন্দু (point of intersection) "O"। এখন এই প্ল্যানকে x_1y_1-ছেদন-তলের দ্বারা ছেদ কর; মনে কর, ঐ ছেদন-তল AB-কে 1-বিন্দুতে, OB-কে 2-তে, OC-কে 3-তে, এবং CD-কে 4-এ ছেদ করিল।

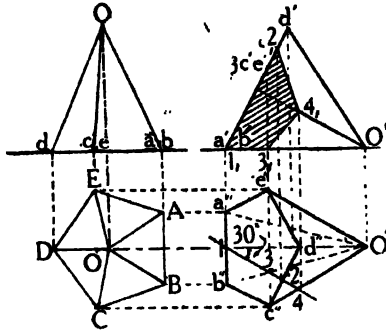
পিরামিডের অখণ্ডিত অবস্থার পুরোদৃশ্য *(af)*O′*(cd)*,—এই ত্রিভুজ গঠন কর: এর উচ্চতা *(be)*O′, সম্পাদ্য 5.-এ প্রদত্ত 6·3 সেণ্টিমিটার। অনন্তর প্ল্যানের 1, 2, 3, 4,-বিন্দু সকল হইতে, যথাক্রমে, *af-be*-র উপরে 1′, O′-*cd*-এর উপরে 3′ আর *(cd)*-বিন্দুর সঙ্গে মিলিত 4′,-বিন্দুগুলি নির্ণয় কর। 2-এর প্রক্ষেপ পাইবার জন্য সম্পাদ্য 4.-এর অনুরূপ এক ঊর্ধ্বাধঃ-তল LM অঙ্কিত কর, এবং E, D, O, C, 2 এবং B-বিন্দু সকল হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখা LM পর্যন্ত অঙ্কন করিয়া, পুরোদৃশ্যের ভূমিরেখার x'-কে বর্ধিত করিলে যে বিন্দুতে উহা LM-রেখা স্পর্শ করে, তাহাকে কেন্দ্র করতঃ, ঐ ঐ প্রক্ষেপিত বিন্দুগুলিকে ব্যাসার্ধ লইয়া এক একটি বৃত্তপাদ অঙ্কিত করিয়া পার্শ্ব-দৃশ্যের নূতন ভূমিরেখা $x''x'''$ পর্যন্ত লইয়া আইস, এবং তথা হইতে পার্শ্ব-দৃশ্যের আধার-রেখা E″B″-এর উপরে ঊর্ধ্বঃ-দিকে উত্তোলিত কর। প্ল্যানের O-এর প্রক্ষেপ রেখাকে ঊর্ধ্বে উত্তোলন করিয়া, পুরোদৃশ্যের O′ হইতে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখার দ্বারা ছেদ কর; ইহাই পার্শ্ব-দৃশ্যে পিরামিডের শীর্ষবিন্দু O″। এইবার এই পার্শ্ব-দৃশ্য সম্পূর্ণ কর।

অনন্তর 2-এর প্রক্ষেপকে ঊর্ধ্বে চালিত করিয়া O″B″ রেখার 2″-বিন্দু পর্যন্ত পঁহুছাও; এবং উহা হইতে বাম দিকে অনুভূমিক প্রক্ষেপ-রেখা প্রলম্বিত করিয়া পুরোদৃশ্যের অক্ষরেখার সহিত 2′-বিন্দুকে স্পর্শ কর। এইবার পূর্বপ্রাপ্ত 1′2′3′4′,—এই বিন্দুগুলি রেখার দ্বারা সংযুক্ত করিলে খণ্ডিত অংশের পুরোদৃশ্য পাওয়া যাইবে।

এই খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকারের জন্য আর একটি অনুভূমিক রেখা x_1x_2 গ্রহণ কর, এবং প্ল্যান হইতে 1-2, 2-3, এবং 3-4,-এর দূরত্ব লইয়া 1-2-3-4 রেখা অঙ্কিত কর। এইবার ইহার আধারের 2-হইতে উত্তোলিত প্রক্ষেপ-রেখাকে পার্শ্ব-দৃশ্যের 2′-বিন্দু হইতে প্রক্ষেপিত অনুভূমিক রেখার দ্বারা ছেদ করিয়া 2_1-বিন্দু লাভ কর; এইরূপ, পুরোদৃশ্যের 3′ বিন্দুর প্রক্ষেপ হইতে 3_1-বিন্দু লাভ কর। এই বিন্দুগুলিকে সংযুক্ত করিলে, খণ্ডিত অংশের প্রকৃত আকার পাওয়া হইল।

সম্পাদ্য 10.

আধারের ভুজ 3·2 সেন্টিমিটার দীর্ঘ ও 6·3 সেন্টিমিটার উচ্চতা বিশিষ্ট কোন এক সম-পঞ্চকোণী পিরামিড অনুভূমিক তলের উপরে উহার কোন এক ত্রিকোণাকার ঢালু তল (triangular face) রাখিয়া অবস্থান করিতেছে; তখন উহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত সমান্তরালে অবস্থিত। এই অবস্থায় উহার প্ল্যানকে এমন এক ছেদন-তল দিয়া খণ্ডিত করা হইল যাহা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত। ইহার খণ্ডিত পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

অঙ্কন: পিরামিডের কোন এক ত্রিকোণাকার ঢালু তল অনুভূমিক তলের উপরে অবস্থিত বলিয়া প্রথম অবস্থার প্ল্যানে, যখন উহা খাড়াভাবে বসিয়া আছে, তখন উহার কোন এক বাহু, (যথা AB), ঊর্ধ্বাধঃ-ভাবে থাকিবে; তাই পঞ্চভুজের এক ভুজ AB-কে ঊর্ধ্বাধঃ দেখাইয়া পঞ্চভুজ, এবং উহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। এইবার ডানপাশে,

চিত্র নং 142

উহাকে ABO-ঢালুতলের উপরে শোয়ান' অবস্থার পুরোদৃশ্য আঁক, এবং তাহার প্ল্যানও আঁক।

এইবার এই প্ল্যানে, ভূমিরেখার সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত ছেদন-তলের দ্বারা পিরামিডকে 1 2 3 4-বিন্দুতে ছেদ কর। অতঃপর ঐ সকল বিন্দু হইতে এক এক প্রক্ষেপ-রেখা উত্তোলন করিয়া, পুরোদৃশ্যকে 1_1 2_1 3_1 4_1 বিন্দুতে ছেদ কর, এবং ঐ বিন্দু সকলকে পরস্পর সংযুক্ত করিয়া ছেদিত অংশের পুরোদৃশ্য গঠন কর।

পঞ্চদশ পরিচ্ছেদ

বিভিন্ন উপাদান প্রদর্শন করার প্রণালী

যন্ত্রশিল্পে সচরাচর যে-সব উপাদান ব্যবহৃত হয়, নক্সায় তাহা প্রদর্শন করিতে হয় ; কারণ সম্পূর্ণীত নক্সা এমন হইতে হয়, যাহাতে কেবলমাত্র উহাকে অবলম্বন করিয়াই কারিগর সেই যন্ত্র অথবা যন্ত্রাংশ নির্মাণ করিতে সমর্থ হয়, তাহাকে মুখে আর কিছু বলিতে না হয়। যন্ত্রের কোন্ অংশ কি ধাতুর (যথা, ঢালাই-

বিভিন্ন উপাদানের সাংকেতিক চিহ্ন

Cast Iron (C.I.)
ঢালাই লোহা

Cast Steel (c.s.)
ঢালাই ইস্পাত

Steel
ইস্পাত

Wrought Iron (W.I.)
বাংলা বা পেটা লোহা

Brass, Copper &c.
পিতল, তামা প্রভৃতি মিশ্র ধাতু

Aluminium &c.
অ্যালুমিনিয়ম্ ও উহার মিশ্রধাতু

Lead, Zinc, Babbitt Metal
সীসক, দস্তা, ব্যাবিট মেট্যাল

Wood (Longitudinal section)
কাঠ (দীর্ঘচ্ছেদ)

Wood (cross-section)
কাঠ (প্রস্থচ্ছেদ)

Concrete
কংক্রীট

Bakelight, Mica, Fibre, Electrical Insulation &c.
বেকলাইট, অভ্র প্রভৃতি

চিত্র নং 148

লোহা, বাংলা লোহা, পিতল, তামা, সীসা, প্রভৃতি), কিংবা কোন্‌টা কাচের, এবোনাইট-এর, ইত্যাদি, তাহা জানাইবার সর্বগ্রাহ্য সাংকেতিক চিত্র আছে। পূর্ব পৃষ্ঠায় তাহার প্রধান প্রধান কয়েকটি দেওয়া হইল। তবে আজকাল এই প্রথার বদলে বহুক্ষেত্রে যন্ত্রের ভিন্ন ভিন্ন অংশে 1, 2,... প্রভৃতি করিয়া সংখ্যা দেওয়া হয়, ও নক্সার নীচের দিকে ডানদিকে একটি তালিকা দেওয়া হয়, তাহাতে, ক্রমানুসারে, 1, 2,...ইত্যাদি সংখ্যা, ঐ অংশের নাম, যে উপাদানে উহা নির্মিত হইবে তাহার নাম, প্রত্যেক অংশ সংখ্যায় কতগুলি নির্মিত হইবে তাহার উল্লেখ, প্রভৃতি লেখা থাকে। অন্য প্রথা অনুসারে আবার অংশ সকলের অন্ততঃ কিয়দংশকে অনুভূমিক রেখার সহিত 45°-ডিগ্রি আনতিতে ছেদিত (in section)-ভাবে প্রদর্শন করিয়া, তাহার গায়ে C.I. (ঢালাই-লোহার সংক্ষেপ), C.S. (ঢালাই-ইস্পাতের সংক্ষেপ), ইত্যাদি লিখিয়া উপাদান বুঝান' হইয়া থাকে।

ষোড়শ পরিচ্ছেদ

স্কেল (Scale) বা 'মানক'

যদি কোন সাধারণ আয়তনের কাগজের উপরে কোন এক বৃহৎ সামগ্রীর প্রতিরূপ অঙ্কিত করিবার চেষ্টা করা যায়, (যথা কোন সামগ্রীর পরিমাপ 5′ ফুট × 10′ ফুট আর কাগজের আয়তন মাত্র 14″ ইঞ্চ × 10″ ইঞ্চ), তবে তাহা যে অসম্ভব, ইহা বলিবার আবশ্যক করে না। এইরূপ, পৃথিবীর অথবা কোন দেশের, এমন কি কোন গ্রামের মানচিত্রও ঠিক মাপমত অঙ্কিত করা তাহা হইলে অসম্ভব হয়। কিন্তু যদি তাহা করিতেই হয়, (এবং নিয়তই তাহা করা হইয়াও থাকে), তবে অঙ্কনীয় বস্তুটির বিভিন্ন অংশের মধ্যের অনুপাত বজায় রাখিয়া ছোট আকারের একটি চিত্র অঙ্কিত করা যাইতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ, যদি চিত্রের সর্বত্র আসল বস্তুর প্রতি ফুট দৈর্ঘ্যকে 3″-ইঞ্চ দৈর্ঘ্য দ্বারা নির্দেশ করা যায়, তবে উপরোক্ত 5′ ফুট দৈর্ঘ্য 3″ × 5′ = 15″ ইঞ্চ, এবং 3″ × 10′ = 30″ ইঞ্চ দ্বারা সম্পূর্ণভাবে সামগ্রীটির নক্সা করা যাইতে পারিবে। সেইরূপ আবার, 10″ ইঞ্চ দৈর্ঘ্যে 10″ × 3 = 30 ফুট দৈর্ঘ্য প্রদর্শিত হইতে পারিবে। এমন স্থলে বলা হয়, নক্সার স্কেল (scale) প্রতি ফুটে তিন ইঞ্চ (3″ inch to the foot)।

এখন যদি নক্সার খানিকটা দৈর্ঘ্য মাপা যায়, আর প্রকৃত বস্তুর ততটা দৈর্ঘ্য যতটা নির্দেশ করিতেছে তাহা দিয়া ভাগ করা যায়, তবে তাহাতে যে ভগ্নাংশ পাওয়া গেল, তাহাকে ইংরাজীতে Representative fraction (সংক্ষেপে R.F.) বলে ; অর্থাৎ—

$$\text{R.F.} = \frac{\text{নক্সায় অঙ্কিত দৈর্ঘ্য (3'' ইঞ্চ)}}{\text{অঙ্কিত বস্তুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য (1 ফুট)}} = \frac{3}{1' \times 12} = \frac{1}{4} \text{ হইবে।}$$

এইভাবে—

যদি $\frac{1}{4}''$ ইঞ্চ-এ 1 ফুট নির্দেশ করে, তবে স্কেলের R.F. = $\frac{1}{48}$,

„ $\frac{1}{2}''$ ইঞ্চ-এ „ „ „ „ „ „ = $\frac{1}{24}$,

„ 1″ „ „ „ „ „ „ „ = $\frac{1}{12}$,

যদি $1\frac{1}{2}''$ ইঞ্চ-এ 1 ফুট নির্দেশ করে, তবে স্কেলের R.F. $= \frac{3}{2} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{8}$,

" $4''$ " " " " " " " $= \frac{1}{3}$,

" $4\frac{1}{2}''$ " " " " " " " $= \frac{9}{2} \times \frac{1}{12} = \frac{3}{8}$,

" $6''$ " " " " " " " $= \frac{1}{2}$ হইবে।

সুতরাং যদি $1''$ ইঞ্চ-এ 1 গজ নির্দেশ করিতে হয়, তবে R.F. $= \frac{1}{1 \times 12 \times 3} = \frac{1}{36}$,

এবং " $1''$ " 1 চেন " " " " $= \frac{1}{12 \times 66} = \frac{1}{792}$ হইবে।

তেমনি 1 মিলিমিটার (*mm.*)-এ 1 সেন্টিমিটার (*cm*) নির্দেশ করিলে R.F. $= \frac{1}{10}$,

1 " " 1 ডেসিমিটার (*dm.*) " " " $= \frac{1}{100}$,

1 " 1 মিটার (*m*) " " " $= \frac{1}{1000}$

হইবে। আর যদি নক্সায় প্রদর্শিত কোন দৈর্ঘ্য আসল বস্তুর দৈর্ঘ্যের সমান হয় হয়, তখন যে নক্সার R.F. $= \frac{1}{1} = 1$ হইবে; তখন তাহার ইংরাজী নাম full-sized drawing। বাংলায় পূর্ণায়তন নক্সা। কোন বস্তুর নক্সা করিতে হইলে তাহা পূর্ণায়তন হইলেই সর্বোত্তম, অভাবে নক্সার স্কেল যত বড় হয়, তাহার দিকে দৃষ্টি রাখিতে হইবে। পক্ষান্তরে, যদি কোন অতি ক্ষুদ্র বস্তুর নক্সা করিতে হয়, তখন নক্সার স্কেল আসল বস্তুর দ্বিগুণ, তিনগুণ, চারগুণ,—ইত্যাদি করিতে হয়, ইহাতে ঐ ক্ষুদ্র বস্তুতে যে-সব খুটিনাটি (details) আছে, তাহাকে বৃহত্তর করিয়া দেখান' যাইতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ, যদি হাতঘড়ির (wrist watch-এর) কোন স্ক্রু অন্যত্র তৈয়ার করিতে দিবার প্রয়োজন হয়, তবে বর্ধিত আকারের নক্সা করা অপরিহার্য। তেমন ক্ষেত্রে নক্সার R.F. ভগ্নাংশরূপে নির্দিষ্ট না হইয়া 2, 3, 4,··· ইত্যাদি অঙ্ক দ্বারা প্রকাশিত হইবে। ইহাকে ইংরাজীতে "enlarged scale") বলে। শেষ কথা এই যে, যে স্কেলই গ্রহণ করা হউক, বরাবর যেন সেই স্কেল অনুযায়ী R.F.-ই ব্যবহার করা হয়; তবেই নক্সার পারস্পরিক সম্বন্ধ বজায় থাকিয়া চিত্রটিকে আসল বস্তুর ক্ষুদ্র অথবা বৃহৎ, অবিকল প্রতিকৃতি প্রদান করিবে।

স্কেল-অঙ্কন প্রণালী

স্কেল দুই প্রকারের হইয়া থাকে ; প্রথম, যে স্কেলে যে-কোন দুইটি মাপ পাওয়া যায়,—যেমন ইঞ্চ ও তাহার দশমাংশ, অষ্টমাংশ, ষোড়শাংশ ; ফুট ও ইঞ্চ, দশ-দশ মাইল ও মাইল ইত্যাদি ; ইহাদের "সাধারণ" স্কেল ইংরাজীতে "Plain scales" বলে ; আর দ্বিতীয়,—যে স্কেলে তিনটি মাপ পাওয়া যায়, যেমন, ইঞ্চ, তাহার দশমাংশ, ও শতাংশ ; গজ, ফুট ও ইঞ্চ ; শত-মাইল, দশ-মাইল ও মাইল ; এগুলির ইংরাজী নাম "Diagonal scales" ;—বাংলায় "কর্ণমানক" বলা যাইতে পারে। নক্সায় যে "স্কেল" ব্যবহার হয়, তাহার বাংলা পরিভাষা "মানক" ; তবে ইহাকে "স্কেল" বলাও গ্রাহ্য হইবে।

সাধারণতঃ স্কেলের দৈর্ঘ্য পাঁচ হইতে ছয় ইঞ্চ করা প্রশস্ত, অথবা উহার যত কাছাকাছি হয়। তবে আবশ্যক হইলে 12" ইঞ্চ লম্বাও করিতে হইতে পারে। ইহা নির্ভর করে, অধিকতম দৈর্ঘ্য বা দূরত্ব যতটা মাপিতে হইতে পারে, তাহার উপর।

(i) "সাধারণ" স্কেল নির্মাণের প্রণালী :

উদাহরণ (1) : যদি 2 ফুট 8 ইঞ্চ দৈর্ঘ্যকে স্কেলের 2"-ইঞ্চে দেখাইতে হয়, তবে তাহাতে ফুট ও ইঞ্চ দেখাইয়া এক স্কেল রচনা কর।

(a) প্রথমে স্কেলের R.F. নির্ণয় করিতে হইবে :

$$\text{R. F.} = \frac{\text{স্কেলে প্রদর্শিত দৈর্ঘ্য}}{\text{প্রকৃত দৈর্ঘ্য}} = \frac{2''}{2'\text{-}8''} = \frac{2''}{32''} = \frac{1}{16}।$$

এখন $2'' = 2' - 8'' = 2\frac{2}{3}$ ফুট ;

সুতরাং $1'' = \frac{2\frac{2}{3}}{2} = \frac{\frac{8}{3}}{2} = \frac{4}{3}$ ফুট ;

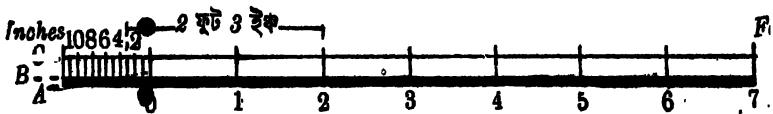
অতএব $6'' = \frac{4}{3} \times 6 = 8$ ফুট।

(b) এইবার তিনটি এমন সমান্তরাল অনুভূমিক রেখা অঙ্কিত কর, যাহার মাঝের রেখা (B) নীচের রেখার (A)-এর $\frac{1''}{20}$ উপরে থাকে, আর উপরের রেখা (C) মাঝের রেখার $\frac{2''}{20}$ উপরে থাকে। ইহাদের প্রত্যেকেরই দৈর্ঘ্য 6-ইঞ্চ

হইবে। এখন এই 6"-ইঞ্চকে আট সমান ভাগে ভাগ কর ; তাহা হইলে স্কেলের প্রত্যেক ভাগ 1 ফুট নির্দেশ করিবে (চিত্র নং 144)।

(c) অতঃপর বাঁদিকের প্রারম্ভ হইতে প্রথম ভাগ-চিহ্ন পর্যন্ত দূরত্বকে 12 সমান ভাগে ভাগ করিলে, প্রত্যেক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশ এক ইঞ্চ (1 inch) নির্দেশ করিবে।

স্কেল $\frac{1}{18}$

চিত্র নং 144

(d) বাঁদিকের প্রান্ত হইতে আরম্ভ করিয়া, প্রথম ভাগ-চিহ্নের নীচে শূন্য (0) মুদ্রিত কর, এবং 0 হইতে বাঁদিকের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেখার নীচে (বা উপরে) 1, 2, 3,...12 পর্যন্ত, কিংবা স্থানাভাব বুঝিলে প্রত্যেক দ্বিতীয় রেখার নীচে (বা উপরে) 2, 4, 6, 8, 10, 12,—এইরূপ মুদ্রিত করিয়া, বামপ্রান্তের উপরে Inches লিখিয়া দাও, আর 0 হইতে ডানদিকে ফুটের ভাগ-চিহ্নের নীচে (বা উপরে), যথাক্রমে, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,—এই সংখ্যাগুলি মুদ্রিত করিয়া, ডান প্রান্তের উপরের দিকে "Feet" এই কথাটি মুদ্রিত কর।

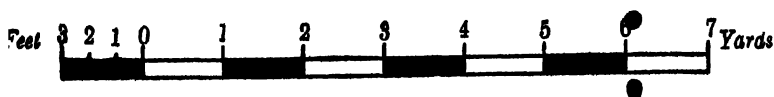
যদি কোন স্কেলের R.F. দেওয়া থাকে, তবে এইভাবে স্কেল রচনা করিতে হয় :—

উদাহরণ (2) : R. F. $\frac{1}{48}$-এর এক স্কেল রচনা কর, ও তাহাতে গজ ও ফুট প্রদর্শন কর।

এখানে R. F. = $\frac{1}{48}$ বলিয়া, স্কেলের 1" ইঞ্চ 48" ইঞ্চ প্রকৃত দৈর্ঘ্যের প্রতিভূ (reprensentative) হইবে ;

অতএব 6" ইঞ্চ $= \frac{\overset{4}{\cancel{48}} \times \overset{2}{\cancel{6}}}{\cancel{12} \times \cancel{3}} = 8$ গজ দেখাইবে।

তাহা হইলে, যদি 6"-ইঞ্চ দীর্ঘ এক রেখা লওয়া যায়, আর তাহাকে সমান আট ভাগে বিভক্ত করা যায়, তবে উহার প্রত্যেক ভাগ এক এক গজ-এর প্রতিভূ হইবে, আর যদি তাহাকে আবার তিন সমানভাগে ভাগ করা যায়, তবে এই শেষোক্ত বিভাগের প্রত্যেকটি এক এক ফুট হইবে। এইরূপ করিলে যাহা দাঁড়ায় তাহার চিত্র নীচে দেওয়া হইল :—

স্কেল $\frac{1}{48}$

চিত্র নং 145

তুলনা-মূলক (বা আপেক্ষিক) স্কেল (Comparative Scale)

কখন কখন এমন হয় যে, কোন এক নক্সা "ফরাসী"-একক বা মিটার-এককে (in metre scale) আছে, কিন্তু সেই নক্সা হইতে "বৃটিশ"-একক বা ফুট-একক, অথবা মাইল-এককে পরিবর্তিত করিতে হইবে। এমন স্থলে দুইটি স্কেল প্রস্তুত করিতে হয় ;—একটি ফরাসী-এককে, এবং দ্বিতীয়টি বৃটিশ-এককে ; কিন্তু এমন ভাবে তাহা করিতে হয়, যাহাতে উভয় স্কেলের R F. একই থাকে।

উদাহরণ : কোন মানচিত্রে দেখা গেল 60-কিলোমিটার দূরবর্তী কোন দুই স্থানের অন্তর 3 ইঞ্চ ; ইহার আপেক্ষিক স্কেল,—কিলোমিটার (km.), এবং মাইল,—দুইয়েতেই প্রদর্শন কর।

(a) প্রথমে মিটার-স্কেলের R.F. নির্ণয় কর :

(1) কিলোমিটার = 1,000 × 3·2809 ফুট = 1,000 × 3·28089 × 12 = 39,370·8 ইঞ্চ।)

$$\text{R. F.} \quad \frac{3''}{60 \times 39{,}370{\cdot}8} = \frac{1}{787{,}219{\cdot}2}$$

(60 কাটিয়া 20)

এই R.F. লইয়া কিলোমিটার স্কেল করিতে গেলে,—

যেহেতু 3" = 60 *km.*,

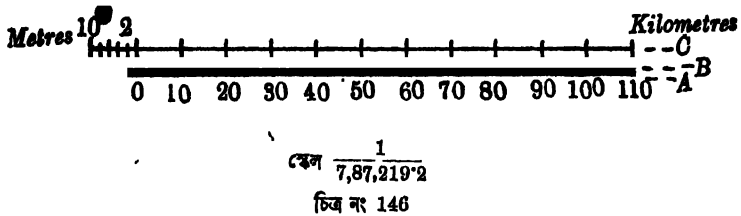
∴ 6" = 120 *km.* হইবে ;

সুতরাং স্কেলকে 6" লম্বা কর; এখন যদি তাহাকে 12 সমান ভাগে ভাগ করা যায়, তবে তাহাদের প্রত্যেকের মূল্য 10 কিলোমিটার করিয়া হইবে। এইবার ইহারই এক কিলোমিটারকে সমান দশভাগে বিভক্ত করিলে, প্রত্যেক বিভাগ এক এক কিলোমিটার নির্দেশ করিবে।

$$R. F. = \frac{1}{7,87,219\cdot2}$$

(i) কিলোমিটার স্কেল:

স্কেল $\frac{1}{7,87,219\cdot2}$

চিত্র নং 146

(b) এইবার মাইল-স্কেলের হিসাব দেখ:

যেহেতু R.F. উভয় ক্ষেত্রেই সমান থাকিবে, তাই—

$1'' = 7,87,219\cdot2''$ ইঞ্চ হইবে;

যেহেতু $\begin{Bmatrix} 12 \text{ ইঞ্চ} = 1 \text{ ফুট} \\ 5,280' \text{ ফুট} = 1 \text{ মাইল।} \end{Bmatrix}$

$$\therefore \quad 6'' = 6 \times 7,87,219\cdot2 = 47,23,315\cdot2 \text{ ইঞ্চ} = \frac{47,23,315\cdot2}{12 \times 5,280}$$

$$= 74\cdot54 \text{ মাইল।}$$

ইহাকে মোটামুটি আশী মাইল ধরা যাউক।

অতএব আশী মাইল দেখাইতে হইলে, মাইল-স্কেলের দৈর্ঘ্য $= \frac{6 \times 80}{74\cdot54}$

$= 6\cdot429''$ ইঞ্চ হইবে;

এখন এই দৈর্ঘ্যকে আট সমান ভাগে বিভক্ত করিয়া দশ-দশ মাইল, এবং বামপ্রান্তের এক বিভাগকে দশ ভাগে ভাগ করিয়া এক-এক মাইল দেখাইতে হইবে।

(ii) মাইল-স্কেল :

10 5 1 Mile

0 10 20 30 40 50 60 70

স্কেল $\frac{1}{7,87,219{\cdot}2}$

চিত্র নং 147

"Indian Standards Institute" নামে ভারত সরকারের এক প্রতিষ্ঠান আছে, সেখান হইতে দেশের সর্বপ্রকার "মান" (Standards) নির্দেশ করিয়া দেওয়া হয়। সেই প্রতিষ্ঠান যে প্রণালীতে স্কেল-অঙ্কন অনুমোদন করেন, (I.S.I. : 696-1955) সেই অনুসারে অঙ্কিত স্কেল-দুইটি, [চিত্র নং 145 ও 148], ছাত্রগণের জ্ঞাতার্থে এখানে মুদ্রিত করা হইল, এই মত স্কেল-রচনা দেশে প্রচলিত

"ডায়াগোন্যাল-স্কেল" (কর্ণ-মানক)

Feet Feet

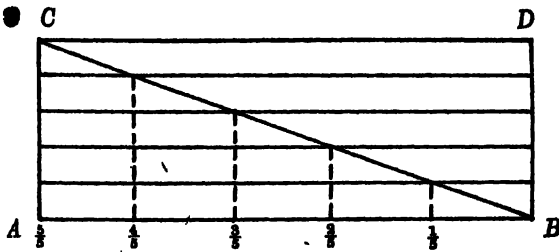
40 20 0 40 80 120 160 200

'ইণ্ডিয়ান স্ট্যাণ্ডার্ডস্ ইনস্টিটিউট-অনুমোদিত প্রথাব স্কেলের নমুনা

চিত্র নং 148

অধিকতর নির্ভুলভাবে কোন চিত্র কিংবা নক্সায় প্রদত্ত দূরত্ব মাপিতে হইলে, সাধারণ স্কেলের সাহায্যে হয় না। উদাহরণ স্বরূপ, সাধারণ স্কেলে ফুট ও ইঞ্চ, গজ ও ফুট, দশ-দশ মাইল ও মাইল, কিংবা ইঞ্চ ও তাহার ভগ্নাংশ, —এইরূপ শুধু দুইমাত্রা (in two dimensions) দেখান' চলে ; কিন্তু যদি তিন মাত্রায় (in three dimensions) কোন দূরত্ব মাপিবার স্কেল প্রস্তুত করিতে হয়, তখন "কর্ণমানক" বা ডায়াগোন্যাল স্কেল (Diagonal scale) অপরিহার্য হইয়া পড়ে,—যেমন গজ, ফুট ও ইঞ্চ ; মাইল, ফার্লং ও চেন ইত্যাদি। তখন ডায়াগোন্যাল স্কেল ভিন্ন উপায় থাকে না।

"ডায়াগোন্যাল" স্কেল গঠনের মূলকথা :

মনে কর, ABCD একটি আয়তক্ষেত্র, এবং BC তাহার কর্ণ (diagonal) ; এই আয়তক্ষেত্রকে পাঁচ সমান অনুভূমিক অংশে বিভক্ত কর। এখন যদি কোন "বিন্দু" B-হইতে কর্ণ ধরিয়া অগ্রসর হইতে থাকে, তবে যেমনি উহা 1-1 অনুভূমিক রেখাকে ছেদ করিবে, তখনই ঐ বিন্দু অনুভূমিক ভাবে BA-র এক-পঞ্চমাংশ দূরত্ব অতিক্রম করিবে। এইভাবে ক্রমাগত 2-2, 3-3, প্রভৃতি

"ডায়াগোন্যাল" স্কেলের মূলতত্ত্ব বুঝান'
চিত্র নং 149

রেখা ছেদ করিবামাত্র উহা BA-র $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$ ইত্যাদি অনুভূমিক দূরত্ব পার হইয়া যাইবে ; আর যখন ঐ বিন্দুটি C-তে আরোহণ করিবে, তখন উহা অনুভূমিক ভাবে B-হইতে A-র দূরত্ব অতিক্রম করিয়াছে। অতএব, তৃতীয় মাত্রিক (third dimensional) স্কেল গঠন করিতে হইলে, তৃতীয় মাত্রা দ্বিতীয় মাত্রার যত ভগ্নাংশ, উর্দ্ধাধঃ রেখা AC-কে তত সমান ভাগে ভাগ করিয়া ততগুলি অনুভূমিক সমান্তরাল রেখা টানিতে হইবে। উদাহরণ স্বরূপ, যদি কোন স্কেলে ইঞ্চ, তাহার দশমিক ও শততমিক অংশ দেখাইতে হয় (up to the second place of decimals), তবে এক ইঞ্চ (BA)-কে অনুভূমিক দশভাগে ভাগ করিয়া, AC-কেও সমান দশভাগে ভাগ করিতে হইবে, এবং ইঞ্চ থাকিবে সাধারণ-স্কেলের মত উহার দৈর্ঘ্য। তেমনি, যদি গজ, ফুট ও ইঞ্চ দেখাইতে হয়, তবে গজ (BA)-কে 3-ভাগে, এবং AC-কে 12-ভাগে ভাগ করিতে হইবে।

উদাহরণ (1): গজ, ফুট ও ইঞ্চ দেখাইতে, $\frac{1}{36}$ R.F.-এর এক স্কেল তৈয়ার কর।

1 গজ = 1 × 3 × 12 = 36" ইঞ্চ বলিয়া, 6"-ইঞ্চ দীর্ঘ স্কেলে 6 গজ দেখাইবে, অতএব 6"-ইঞ্চ এক রেখা টানিয়া, তাহাকে ছয় সমান ভাগে ভাগ কর। অতঃপর উহার বাঁদিকের প্রথম অংশের নীচে 0-চিহ্ন দিয়া তিন সমান ভাগে ভাগ করিলে, এই তিনভাগের প্রত্যেক ভাগ এক-এক ফুট দেখাইবে। ইহাদের, যথাক্রমে, 1, 2 ও 3 চিহ্নে চিহ্নিত কর। এখন রেখার বাম প্রান্ত হইতে এক লম্ব উত্তোলন

স্কেল $\frac{1}{36}$

[স্কেলে 3 গজ 1 ফুট 7 ইঞ্চ দেখান' হইয়াছে।]

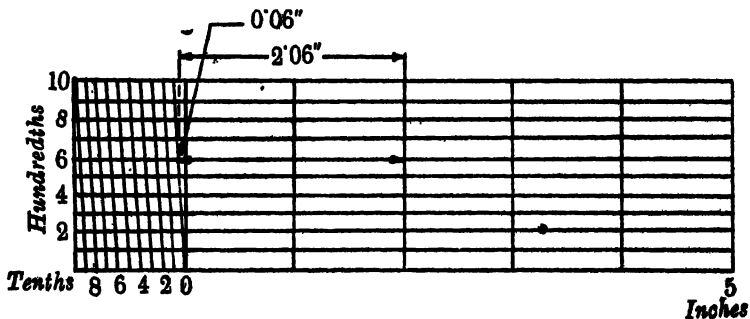
চিত্র নং 150

কর, ও তাহাকে $\frac{3}{36}$"-ইঞ্চ অন্তর অন্তর দ্বাদশ ভাগে ভাগ কর; এবং ডান প্রান্ত হইতে অনুরূপ লম্ব উত্তোলন করিয়া, উভয় ঊর্ধ্বাধঃ প্রান্ত-রেখার মধ্যে দ্বাদশটি অনুভূমিক সমান্তরাল রেখা টান। অনন্তর ফুটের ঘরের "2"-চিহ্ন হইতে ঊর্ধ্বাধঃ ভাগের "12"-চিহ্ন পর্যন্ত (চিত্র নং 150 দেখ) এক কর্ণ টান, ও তাহার সমান্তরাল করিয়া পরে পরে, 1 এবং 0-ফুট-চিহ্ন হইতেও অপর দুইটি কর্ণ অঙ্কিত কর।

উদাহরণ (2): R.F. = 1 (ইহাকে ইংরাজীতে "Full scale", ও বাংলায় "পূর্ণাকৃতি" বলে) স্কেলে, ইঞ্চ, তাহার দশমাংশ ও শতাংশ

দেখাইয়া এক স্কেল গঠন কর; এবং তাহাতে 2'06" ইঞ্চ প্রদর্শন কর।

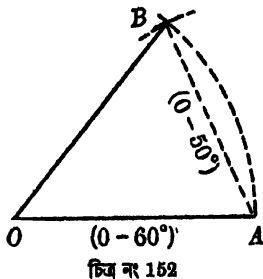
ছয়-ইঞ্চ দীর্ঘ স্কেল রচনা করাই নিয়ম বলিয়া, এখানেও ছয়-ইঞ্চ দীর্ঘ এক রেখা লইয়া, তাহাকে ছয় সমানভাগে ভাগ করিয়া, এক-এক ইঞ্চ নির্দেশ কর; বাম প্রান্তের শেষ-ইঞ্চকে সমান দশ ভাগ করিয়া এক ইঞ্চের দশমাংশ নির্দেশ কর; উর্ধ্বাধঃ-দিকে দশটি সমান্তরাল রেখা টান, এবং নীচের নয়-দশমাংশ (0'9 অথবা $\frac{9}{10}$)-বিন্দু হইতে উপরের 10-চিহ্নিত রেখার প্রান্তভাগ সরল রেখার দ্বারা সংযুক্ত করিয়া প্রথম কর্ণ অঙ্কিত কর; এবং পরে পরে 0'8", 0'7"...ইত্যাদি বিন্দু হইতে প্রথমোক্ত কর্ণের সমান্তরালে অবশিষ্ট নয়টি কর্ণ অঙ্কিত করিয়া (চিত্র নং 151 মত) স্কেল সম্পূর্ণ কর। অবশেষে প্রশ্নের 2'06" ইঞ্চ প্রদর্শন করিতে, প্রথমে

চিত্র নং 151

উর্ধ্বাধঃ রেখাগুলির ষষ্ঠ রেখা নির্ণয় কর, এবং যেহেতু 2'06" ইঞ্চ প্রদর্শন করিতে হইবে, সেই হেতু 0-চিহ্নের উপরে যে লম্ব উত্তোলিত আছে, তাহার সহিত ষষ্ঠ অনুভূমিক রেখা যে বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে, সেই বিন্দু হইতে বামদিকে যে বিন্দুতে ঐ ষষ্ঠ অনুভূমিক রেখা, 0 হইতে যে কর্ণ উঠিয়াছে তাহার সহিত ছেদ করিতেছে, সেই ছেদ-বিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব 0'06"-ইঞ্চ। ইহার পর ঐ ষষ্ঠ অনুভূমিক রেখা ধরিয়া দক্ষিণে 2 ইঞ্চ অগ্রসর হও; তাহা হইলে দুই প্রান্তে দুইটি তীরের ফলার মধ্যবর্তী রেখা 2'06" নির্দেশ করিবে।

"জ্যা-মানক" (Scale of Chords)

আয়তাকার "চাঁদা" (Rectangular protractor)-এর সমুখ পিঠে এক স্কেল আছে [চিত্র নং (31(b)], তাহার কাছে C, CHO, অথবা CHORDS লেখা আছে; ইহাই "স্কেল অফ্ কর্ডস্" (জ্যা-মানক)। কোণ অঙ্কন, কিংবা কোণ মাপের কাজে ইহার প্রভূত ব্যবহার আছে। কোণ মাপিতে হইলে চাঁদা-ই যথা সম্ভব ব্যবহার করা উচিত, তথাপি এই স্কেলও যে-কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

কর্ড-স্কেল-ব্যবহার বিধি :

"কর্ড" বা জ্যা-র স্কেলে 0 হইতে 90 পর্যন্ত 90টি দাগ আছে; এক এক দাগ এক এক ডিগ্রি নির্দেশ করে। যদি কোন কোণ রচনা করিতে হয়, তবে কম্পাসের সুচাল পাদটি "0"-র উপর রাখিয়া পেন্সিলের দিকটা 60-র উপর বিন্যস্ত করিয়া মাপ তুলিয়া লইতে হয়; অতঃপর কাগজে একটি অনুভূমিক সরল-রেখা টানিয়া, তাহার উপর কম্পাসটি স্থাপন করিয়া 0-A দূরত্ব বসাও, ও ঐ দূরত্বকে ব্যাসার্দ্ধ লইয়া একটি চাপ অঙ্কিত কর। যদি 50°-ডিগ্রির কোণ অঙ্কিত করিতে হয়, তবে কম্পাসকে পুনরায় কর্ডের স্কেলের উপরে বসাইয়া 0-50 পর্যন্ত মাপ করিয়া লও, এবং উহাকে ব্যাসার্ধ করিয়া A-বিন্দু হইতে আর একটি চাপ অঙ্কিত করিয়া প্রথম চাপকে B-বিন্দুতে ছেদ কর। এখন OB যোগ কর; তাহা হইলে ∠AOB-কোণ 50-ডিগ্রির হইবে।

চিত্র নং 152

পক্ষান্তরে, যদি কোন কোণের ডিগ্রি নির্ণয় করিতে হয়, তবে পূর্বের বিপরীত প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হইবে; অর্থাৎ প্রথমে কর্ডের স্কেলে 0-60 লইয়া কোণের এক বাহুর উপর O-A বিন্দুদ্বয় নির্দেশ কর; অনন্তর O-কে কেন্দ্র এবং O-Aকে ব্যাসার্ধ লইয়া এক চাপ অঙ্কিত করিয়া, প্রদত্ত কোণের অপর বাহুকে B-বিন্দুতে ছেদ কর। অবশেষে ডিভাইডারের সাহায্যে AB-র

দূরত্ব মাপিয়া লইয়া কর্ডের স্কেলের 'O' হইতে কোন্ দাগ পর্যন্ত উহা গেল, তাহা দেখ। যে দাগের উপরে ডিভাইডারের অপর পাদ পড়িবে, কোণটি তত ডিগ্রির।

বিশেষ দ্রষ্টব্য: কর্ডের স্কেলের সকল ক্ষেত্রেই OA=0-60 লইতে হইবে।

এঞ্জিনিয়ারদের স্কেল (Engineers' Scales)

জ্যামিতিক চিত্র অঙ্কনের কার্যে শিক্ষানবীশ ছাত্রগণ সাধারণতঃ পূর্ণাকৃতি (full-scale or full-size), অথবা তাহার অর্ধেক আকারের চিত্র অঙ্কিত করিয়া অভ্যাস করেন; আর তাহার জন্য ইস্পাত কিংবা কাঠ নির্মিত সাধারণ "রুলার" (Ruler)-ই যথেষ্ট হয় বটে, কিন্তু বড় বড় যন্ত্রের চিত্র কিংবা দেশের মানচিত্র অঙ্কনের কালে তাহাতে কাজ করার অসুবিধা ভোগ করিতে হয়; তখন ঐ চিত্র অঙ্কন করিতে যে R.F. গ্রহণ করা হইয়াছে, প্রতিপদে তাহার সাহায্যে প্রত্যেক দূরত্বের ইঞ্চ- বা সেন্টিমিটার- অথবা মিলিমিটার-হিসাবে দৈর্ঘ্য নিরূপণ করিয়া তবে তাহা চিত্রে বসাইতে হয়। এইসব কাজ অনায়াস-সাধ্য করার উদ্দেশ্যে বাজারে বহু প্রকারের স্কেল পাওয়া যায়; তাহার দ্বারা পূর্ণাকৃতির $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, কিংবা তদপেক্ষাও ক্ষুদ্রতর চিত্র সমূহ অঙ্কনের উপযোগী স্কেল একটি খোলের মধ্যে থাকে। ঐগুলি সাধারণতঃ ছয় অথবা দ্বাদশ ইঞ্চ দীর্ঘ থাকে, আর তাহারা পাতলা কার্ড বোর্ড (card board), ভাল্‌ক্যানাইট (vulcanite) "বক্স উড" (box wood) নামীয় এক প্রকার বিদেশী কাষ্ঠ, হাতীর দাঁত, অথবা ইস্পাত হইতে নির্মিত হয়। এইগুলি হইতে ডিভাইডারের সাহায্যে আবশ্যকীয় মাপ তুলিয়া লইয়া নক্সার কাগজে বসাইতে হয়, কিংবা নক্সা হইতে প্রয়োজনীয় অংশের দূরত্ব ডিভাইডারের সাহায্যে তুলিয়া লইয়া উপযুক্ত স্কেলের দাগের সঙ্গে মিলাইয়া উহার পরিমাণ নির্ণয় করিতে হয়। স্কেলটিকে নক্সার উপর ফেলিয়া দূরত্ব মাপ করিলে, কিংবা কোন রেখা অঙ্কিত করিতে হইলে স্কেলকে কাগজের ঐ জায়গায় ফেলিয়া পেন্সিল দিয়া দাগ দিলে, নির্ভুল ভাবে মাপ লওয়া হয় না। খোলের মধ্যে A হইতে H পর্যন্ত চিহ্নে চিহ্নিত আটটি 12"×1¼" সরু বোর্ডের ফালি থাকে, আর প্রত্যেকটিতে দুইটি করিয়া স্কেল থাকে।

স্কেলের উপরের চিহ্ন

A— ··· R. F. = 1 (পূর্ণাকৃতি)
এবং R. F. = $\frac{1}{2}$ (প্রতি 6 ইঞ্চে 1 ফুট) ;

B— ··· R. F. = $\frac{1}{3}$ (প্রতি 4 ইঞ্চে 1 ফুট)
এবং R. F. = $\frac{1}{6}$ (প্রতি 2 ইঞ্চে 1 ফুট) ;

C— ··· R. F. = $\frac{1}{4}$ (প্রতি 3 ইঞ্চে 1 ফুট)
এবং R. F. = $\frac{1}{8}$ (প্রতি $1\frac{1}{2}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ;

D— ··· R. F. = $\frac{1}{12}$ (প্রতি 1 ইঞ্চে 1 ফুট)
এবং R. F. = $\frac{1}{24}$ (প্রতি $\frac{1}{2}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ;

E— ··· R. F. = $\frac{1}{16}$ (প্রতি $\frac{3}{4}$ ইঞ্চে 1 ফুট)
এবং R. F. = $\frac{1}{32}$ (প্রতি $\frac{3}{8}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ;

F— ··· R. F. = $\frac{1}{36}$ (প্রতি $\frac{1}{3}$ ইঞ্চে 1 ফুট) অর্থাৎ $1'' = 3ft.$
এবং R. F. = $\frac{1}{72}$ (প্রতি $\frac{1}{6}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ; " $1'' = 6ft.$

G— ··· R. F. = $\frac{1}{48}$ (প্রতি $\frac{1}{4}$ ইঞ্চে 1 ফুট) " $1'' = 4ft.$
এবং R. F. = $\frac{1}{96}$ (প্রতি $\frac{1}{8}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ; " $1'' = 8ft.$

H— ··· R. F. = $\frac{1}{60}$ (প্রতি $\frac{1}{5}$ ইঞ্চে 1 ফুট) " $1'' = 5ft.$
এবং R. F. = $\frac{1}{120}$ (প্রতি $\frac{1}{10}$ ইঞ্চে 1 ফুট) ; " $1'' = 10ft.$

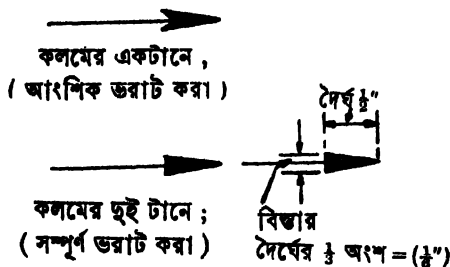
সপ্তদশ পরিচ্ছেদ

মাপাঙ্ক লিখন (Dimensioning)

নক্সার মাপাঙ্ক (dimensions) কেমনভাবে বসাইলে সবদিকে সামঞ্জস্য বজায় থাকে,—অর্থাৎ মাপাঙ্ক লিখনের বিশুদ্ধ পদ্ধতি নির্ণয় করিতে প্রভূত অভিজ্ঞতা ও চিন্তার প্রয়োজন; ইহা ছাড়াও, নানা নক্সায় প্রদত্ত মাপাঙ্কও অধ্যবসায় সহকারে পরীক্ষা করার প্রয়োজন আছে। স্থূলতঃ নিম্নলিখিত খুটিনাটিগুলি মনে রাখিয়া মাপাঙ্ক লিখনে অগ্রসর হইতে হইবে।

মাপাঙ্ক বসাইবার পদ্ধতি
চিত্র নং 153

Dimension line—(মাপাঙ্ক রেখা),—এবং Extension line (বৃদ্ধি রেখা) অথবা Guide line (নিয়ন্ত্রক রেখা), সরু এবং অবিচ্ছিন্ন হইবে; প্রথমটির মাঝখানে এমন ফাঁক থাকিবে যাহার মধ্যে মাপাঙ্ক (Dimension) স্পষ্টভাবে দেওয়া যায়। মাপাঙ্ক রেখাগুলির আরম্ভে একটি করিয়া ছোট রেখা,

তাহার দুই পাশে সামান্য ($\frac{1}{16}$" ইঞ্চের মত) ফাঁক থাকিবে ; এবং মাপাঙ্ক রেখার পরেও উহা সামান্য বাড়িয়া থাকিবে। মাপের অঙ্কগুলি এমন স্থানে বসাইতে, এবং এমনভাবে সাজাইতে হইবে, যাহাতে ঐগুলির উপর দিয়া আড়াআড়ি-ভাবে কোন রেখা না যায়। অক্ষরেখা (Centre line)-কে মাপাঙ্ক রেখা-ভাবে ব্যবহার করা চলিবে না। প্রত্যেক মাপাঙ্ক রেখার দুই প্রান্তে $\frac{1}{8}$" ইঞ্চ দীর্ঘ তীর-ফলকের দ্বারা সুচিহ্নিত

চিত্র নং 154

করিয়া, তাহাদের ভিতরটা অংশতঃ কালির (আর যদি পেন্সিলে আঁকা নক্সা হয়, তবে পেন্সিলের) দ্বারা ভরাট করিয়া দিতে হইবে।

যদি মাপাঙ্ক রেখা অনুভূমিক হয়, তবে মাপাঙ্ককে উহার লম্বভাবে এরূপে মুদ্রিত করিতে হইবে, যাহাতে চিত্রকে সোজা করিয়া ধরিলে উহা ঠিক পাঠ করা যায় ; আর যদি রেখা ঊর্ধ্বাধঃ হয়, তবে যেন চিত্রকে ডানদিকে ঘুরাইলে অঙ্কগুলি সোজা হয়। নক্সা হইতে তির্যকভাবে দেওয়া মাপও লক্ষ্য করিতে হইবে। কোণ প্রদর্শন করিবার সময় কৌণীয় বিন্দুর কাছে একটি, অথবা কাছাকাছি দুইটি, বৃত্তাংশ আঁকিয়া তাহার নিকটে, যত ডিগ্রি, তাহা লিখিতে হইবে। অনির্দিষ্ট কোণের ক্ষেত্রে ঐস্থলে A, B, C,..., কিম্বা α, β, γ,... ইত্যাদি লিখিয়া, পরে একটি তালিকায় তাহার বিবরণ দিতে হয়।

মাপাঙ্কে যত সামান্য-ভগ্নাংশ (vulgar fractions) থাকিবে, সেগুলিকে এমনভাবে লিখিতে হইবে, যাহাতে ভগ্নাংশের মধ্যের বিভাগরেখা মাপাঙ্ক রেখার সমান্তরাল, (যেমন $\frac{1}{8}$) থাকে ; কিন্তু যদি কোথাও স্থান-সংক্ষেপ করিতে হয়, তবে উহা তির্যকভাবে, (যেমন 1/2), দেওয়াও যাইতে পারে।

যদি মাপাঙ্ক দশমিকে দিতে হয়, তবে দশমিকের বিন্দুটি দুই পার্শ্বের সংখ্যা-দ্বয়ের ঠিক মধ্যভাগে এমনভাবে দিতে হইবে যাহাতে সহজেই নজরে পড়ে।

মাপাঙ্কগুলি এমন হইবে, যাহাকে আরও সরল করিতে না হয়, অর্থাৎ যাহাকে সাধারণ স্কেলে পাওয়া যায়।

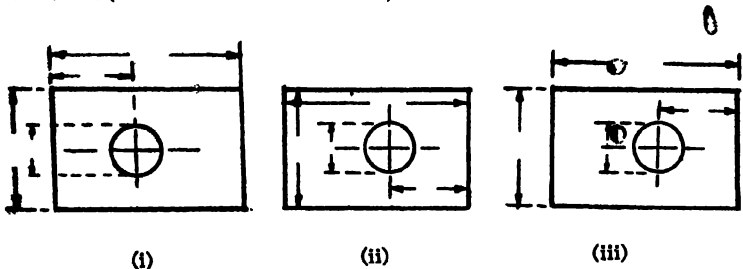
কোন বৃত্তের ব্যাসার্ধ (radius)-এর পরিবর্তে তাহার ব্যাস (diameter) দেওয়াই বাঞ্ছনীয়।

যদি কোন ছিদ্রের ব্যাস ক্রমশঃ কম (সূক্ষ্মাগ্র) হয় কিংবা কোন অংশের প্রস্থ ক্রমশঃ কমিতে থাকে, তবে তাহাকে ইংরাজীতে taper বলে। যদি কোন গোল জিনিসের ব্যাস কিংবা কোন সমতল (flat) অংশের প্রস্থ গোড়ার দিকে যত, আর যত দূরে যায়, তত কমিতে থাকে, তবে যতটা দৈর্ঘ্যে ঐ ব্যাস অথবা প্রস্থ একক পরিমাণে কমিবে, তাহার অনুপাত দিয়া ঐ taper বুঝান' হয় ; অর্থাৎ যদি কোন দ্রব্যের প্রস্থ অথবা ব্যাস, 1 গজ দৈর্ঘ্যে 1" ইঞ্চ কম হয়, তবে তাহার taper $\frac{1}{36}$ (ইংরাজীতে "one in thirtysix" ; বাংলায় "ছত্রিশে এক") বলা হয় ; এবং এই taper নির্দেশ করিতে গেলে বস্তুর **অক্ষরেখা** অবলম্বন করিয়া মাপিতে হইবে। নক্সায় ইহা "1 in 36" ; "1 inch to a yard" এইরূপ মুদ্রিত করিয়া, অথবা ঐ স্থানের উপরে বা পার্শ্বে এক সমকোণী ত্রিভুজ অঙ্কিত করিয়া তাহার শয়ান বাহুতে 36 এবং অনুলম্ব বাহুতে 1 লিখিতে হয় (153 নং চিত্র দেখ)।

কোন নির্দিষ্ট স্কেলে কোন এক বস্তুর নক্সা প্রস্তুত হইয়া যাওয়ার পর যদি এমন অবস্থার উৎপত্তি হয় যে, নক্সার কোন অংশের,—এমন কি সমস্ত দ্রব্যের আকারের পরিবর্তন করা স্থির হয়, তবে নক্সাকে বাতিল না করিয়া পরিবর্তিত অংশের নিকটে, কিম্বা সম্পূর্ণত নক্সার উপরিভাগে, *N.T.S.* (অথবা পূর্ণ বাক্য "*Not To Scale*") মুদ্রিত করিয়া নীচে মোটা করিয়া রেখা (under line) টানিয়া সকলের দৃষ্টি আকর্ষণ করিতে হয়।

নিম্নে প্রদত্ত কয়েক প্রকারের মাপাঙ্ক লিখনের পদ্ধতির মধ্যে যে-কোন **একটি** অনুসরণ করিতে হইবে ; কিন্তু উহাদের মিশ্রণ, অনেক ক্ষেত্রে করা হইলেও, সম্পূর্ণ অনুমোদিত নহে।

চিত্র (i) : সমস্ত মাপাঙ্ক সম্পূর্ণভাবে চিত্রের বাহিরে থাকিবে ;

চিত্র (ii) : সমস্ত মাপাঙ্ক সম্পূর্ণভাবে চিত্রের অভ্যন্তরে থাকিবে ; ইহাতে অপেক্ষাকৃত অতি অল্প বৃদ্ধি-রেখা (extension line)-র প্রয়োজন হয় ; ফলে চিত্রের বহির্দেশ পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন দেখায় ;

চিত্র নং 155

চিত্র (iii) : মাপাঙ্কগুলি আংশিকভাবে বাহিরে ও ভিতরেও রাখার চলন আছে। উপরে যেমন উল্লেখ করা হইয়াছে, কোন বিশেষ পদ্ধতির উপরে জোর দেওয়া না হইলেও, প্রথম চিত্রের পদ্ধতি অনুসরণ করাই অনুমোদনীয় বলিয়া গৃহীত হইয়া থাকে। এক্ষেত্রে মাত্র এইটি লক্ষ্য রাখিতে হয়, যাহাতে অল্প-দীর্ঘ মাপাঙ্ক-রেখাগুলি সকল সময়েই চিত্রের নিকটতম স্থানে থাকে।

অনুশীলনী

পঞ্চম, ষষ্ঠ ও সপ্তম পরিচ্ছেদ

1. 3·5 ইঞ্চ দীর্ঘ এক সরলরেখার এক প্রান্তে এক লম্ব উত্তোলন কর; সরলরেখাকে দুই সমান-ভাগে ভাগ করিয়া ঐ বিন্দুতে আর এক লম্ব উত্তোলন কর, এবং যেকোন লম্ব ও ঐ সরলরেখার সংলগ্ন কোণকে চার সমান-ভাগে ভাগ কর।

2. $187^{\circ}\cdot5$; 300° ; -30° কোণ প্রোট্র্যাক্টার এবং অঙ্কন,—উভয় উপায়েই রচনা কর।

3. একটি অনুভূমিক সরলরেখার সহিত অপর একটি সরলরেখা এমনভাবে আপতিত হইয়াছে যাহার মিলন-বিন্দু কাগজের বাহিরে গিয়া পড়ে; তেমন ক্ষেত্রে যে কোণের উৎপত্তি হয়, তাহাকে দুই সমান-ভাগে ভাগ কর।

4. কোন সরলরেখার প্রান্তভাগে লম্ব উত্তোলন করিতে হইলে যে যে প্রক্রিয়া অবলম্বন করা যাইতে পারে, সে-সবগুলিই অঙ্কিত কর।

5. ABC একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ; ইহার আধার AB = 1·5 ইঞ্চ, এবং BC ও AC ভুজদ্বয় প্রত্যেকে 2·5 ইঞ্চ; ত্রিভুজের কোণ-তিনটির মূল্য নির্ণয় কর।

6. উপরের প্রশ্নে প্রদত্ত ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু C হইতে আধার AB-র উপরে লম্বপাত করিলে তাহার দৈর্ঘ্য কত হইবে?

7. 4″-ইঞ্চ সরলরেখাকে সাত সমান-ভাগ ভাগ কর।

8. 5″-ইঞ্চ দীর্ঘ AF সরলরেখাকে এমন পাঁচ ভাগে ভাগ কর যাহাতে $AB = 1$; $BC = 1\frac{1}{2}$; $CD = 1\frac{3}{4}$; $DE = 2$; এবং $EF = 2\frac{1}{4}$,—এই অনুপাত বজায় থাকে।

9. কোন সরলরেখার সমান্তরালে ও উহা হইতে $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চ দূরে আর এক সরলরেখা অঙ্কিত কর।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

10. একটি 5 সেণ্টিমিটার ব্যাসের বৃত্তের কেন্দ্র অঙ্কনের-সাহায্যে নিরূপণ কর।

11. 6 সেণ্টিমিটার ব্যাসের এক বৃত্তের পরিধির উপরে কোন বিন্দু "A" দেওয়া আছে; ঐ বিন্দুতে বৃত্তের স্পর্শক রেখা অঙ্কিত কর।

12. যদি 6 সেণ্টিমিটার ব্যাসের বৃত্তের পরিধি হইতে 2·5 সেণ্টিমিটার দূরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে ঐ বৃত্তের পরিধিতে কোন স্পর্শকরেখা অঙ্কন করিতে হয়, তবে উপযুক্ত প্রক্রিয়ার দ্বারা তাহা অঙ্কিত কর। ঐ বিন্দু হইতে বৃত্তের পরিধিতে যে কয়টি স্পর্শক অঙ্কিত হইতে পারে, তাহা অঙ্কিত কর।

13. কোন বৃত্তের পরিধি হইতে 3 সেণ্টিমিটার দূরে এক সরলরেখা এমন ভাবে আছে যে তাহা বৃত্তের অনুভূমিক (horizontal) ব্যাসের সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে (inclination) আনত; ঐ সরলরেখার সমান্তরালে বৃত্তের পরিধির নিকটতম বিন্দুতে এক স্পর্শকরেখা অঙ্কিত কর।

14. 5 সেণ্টিমিটার ব্যাসের কোন বৃত্তের পরিধি হইতে 3 সেণ্টিমিটার দূরে কোন বিন্দু P অবস্থান করিতেছে। ঐ বিন্দু হইতে বৃত্তের পরিধির উপরে দুইটি স্পর্শকরেখা অঙ্কিত করিয়া স্পর্শবিন্দু (points of contact) দুইটিকে এক সরল-রেখার দ্বারা যোগ করিলে রেখাটির দৈর্ঘ্য কত হইবে?

15. এক 6-সেণ্টিমিটার ও এক 3-সেণ্টিমিটার ব্যাসের বৃত্ত কোন এক অনুভূমিক (horizontal) রেখাকে স্পর্শ করিয়া অঙ্কিত আছে; তাহাদের কেন্দ্রের দূরত্ব এরূপ যে উভয়ের কেন্দ্র হইতে অনুভূমিক রেখার উপরে লম্বপাত করিলে তাহাদের দূরত্ব 6 সেণ্টিমিটার হয়। ঐ দুইটি বৃত্তকে স্পর্শ করিয়া এক স্পর্শক অঙ্কিত কর।

16. উপরের অনুশীলনীতে প্রদত্ত পরিমাপের বৃত্ত দুইটির মধ্য দিয়া এক সাধারণ স্পর্শক (common tangent) অঙ্কিত কর।

নবম পরিচ্ছেদ

17. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ বাহু-বিশিষ্ট এক সমবাহু ত্রিভুজ অঙ্কিত করিয়া তাহার অভ্যন্তরে এমন এক বৃত্ত অঙ্কিত কর যাহা ত্রিভুজের সকল বাহুকেই স্পর্শ করে। ঐ বৃত্তের ব্যাস কত হইবে?

18. 2″-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক সমবাহু ত্রিভুজের অভ্যন্তরে তিনটি একই ব্যাসের এমন বৃত্ত অঙ্কিত কর যাহারা প্রত্যেকে দুইটি করিয়া বৃত্ত ও এক একটি বাহুকে স্পর্শ করিয়া থাকে। ঐ বৃত্তগুলির কেন্দ্র পরস্পরের সহিত যোগ করিলে যে আর একটি সমবাহু ত্রিভুজের উৎপত্তি হইবে, তাহার বাহুর দৈর্ঘ্য কত?

19. $2\frac{1}{2}$″-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে উহার বাহু সকলকে স্পর্শ করিয়া এক বৃত্ত অঙ্কিত কর; ঐ বৃত্তের ব্যাসার্ধ কত হইবে?

20. $2\frac{1}{2}$″-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে একই ব্যাসের এমন চারিটি বৃত্ত অঙ্কন কর, যাহার প্রত্যেকটি, বর্গক্ষেত্রের দুইটি করিয়া বাহু ও দুইটি বৃত্তকে স্পর্শ করিয়া থাকে।

21. $2\frac{1}{2}$″-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক বর্গক্ষেত্রের অভ্যন্তরে একই ব্যাসের এমন চারিটি বৃত্ত অঙ্কন কর যাহার প্রত্যেকটি বর্গক্ষেত্রের একটি করিয়া বাহু ও দুইটি করিয়া বৃত্তকে স্পর্শ করিয়া থাকে। এক্ষেত্রে বৃত্তগুলির ব্যাস কত, এবং উহারা উপরের অনুশীলনীতে নির্ণীত বৃত্ত অপেক্ষা কত বড় বা ছোট?

22. ABCD একটি ট্র্যাপিজিয়ন; ইহার AB ও AD-বাহুদ্বয় প্রত্যেকে 2 সেন্টিমিটার, এবং BC ও CD-বাহুদ্বয় প্রত্যেকে 3·5 সেন্টিমিটার। ঐ ট্র্যাপিজিয়নের অভ্যন্তরে অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত কর।

23. অনুশীলনী 22-তে অবলম্বিত প্রক্রিয়ার দ্বারা 5-সেন্টিমিটার বাহুবিশিষ্ট এক সমবাহু ত্রিভুজের অভ্যন্তরে একই ব্যাসের এমন তিনটি বৃত্ত অঙ্কিত কর যাহারা প্রত্যেকে দুইটি করিয়া বাহু ও দুইটি করিয়া বৃত্তকে স্পর্শ করিয়া থাকে।

24. 1·7 সেন্টিমিটার বাহুবিশিষ্ট এক সুষম পঞ্চভুজের অভ্যন্তরে এক অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত কর।

25. 1·5 সেন্টিমিটার বাহুবিশিষ্ট এক সুষম ষড়্ভুজের অভ্যন্তরে এক অন্তর্বৃত্ত অঙ্কিত কর।

দশম ও একাদশ পরিচ্ছেদ

26. 1′-ইঞ্চ বাহুর উপরে একটি সুষম পঞ্চভুজ অঙ্কিত কর।

27. সুষম পঞ্চভুজের সন্নিহিত কোণ কত ডিগ্রি করিয়া হয়?

28. 1″-ইঞ্চ-বাহুর উপরে একটি সুষম ষড়্ভুজ অঙ্কিত কর।

29. সুষম ষড়্ভুজের সন্নিহিত কোণ কত ডিগ্রি করিয়া হয় ?

30. $\frac{3}{4}$"-ইঞ্চ বাহুর উপরে একটি সুষম অষ্টভুজ অঙ্কিত কর।

31. সুষম অষ্টভুজের সন্নিহিত কোণ কত ডিগ্রি করিয়া হয় ?

32. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ ব্যাস বিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত কর ; উহার প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

33. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ ব্যাস বিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক সুষম পঞ্চভুজ অঙ্কিত কর ; এই পঞ্চভুজের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য কত ?

34. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ ব্যাস বিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক সুষম ষড়্ভুজ অঙ্কিত কর ; এই ষড়্ভুজের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য কত হইবে ?

35. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ ব্যাসবিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক সুষম সপ্তভুজ অঙ্কিত কর ও উহার প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

36. 2"-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক সুষম অষ্টভুজ অঙ্কিত কর।

37. 2"-ইঞ্চ বাহুবিশিষ্ট এক বৃত্তের অভ্যন্তরে এক সুষম দ্বাদশভুজ ক্ষেত্র অঙ্কিত কর।

দ্বাদশ পরিচ্ছেদ

38. বিভিন্ন প্রক্রিয়া অবলম্বনে, 4"-ইঞ্চ দীর্ঘ পরাক্ষ ও $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দীর্ঘ উপাক্ষ-বিশিষ্ট এক এক উপবৃত্ত অঙ্কিত কর।

39. উপরের অনুশীলনী-লব্ধ উপবৃত্তগুলির (1) নাভিদ্বয়ের মধ্যের ব্যবধান কত ? (2) উভয় অক্ষের প্রতিচ্ছেদ বিন্দু (point of intersection) বা "মধ্যবিন্দু" হইতে $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দূরে, এবং পরাক্ষের উপরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে, উপবৃত্তের চাপের উচ্চতা কত ?

40. অনুশীলনী 38 হইতে যে-সকল উপবৃত্ত পাওয়া গিয়াছে, তাহাদের প্রত্যেকের পরিসীমা (Perimeter) নির্ণয় কর।

41. $4\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দীর্ঘ পরাক্ষ ও 3"-ইঞ্চ দীর্ঘ উপাক্ষ বিশিষ্ট এক উপবৃত্তের পরিসীমার উপরে, মধ্যবিন্দু হইতে $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ দূরে পরাক্ষের উপরে অবস্থিত এক-বিন্দু হইতে ঊর্দ্ধঃ দিকে লম্ব টানিলে যে বিন্দু পাওয়া যায়, সেই বিন্দুতে এক স্পর্শকরেখা অঙ্কিত কর।

42. উপরের উপবৃত্তের পরিসীমার উপরে, মধ্যবিন্দু হইতে 1"-ইঞ্চ দূরে পরাক্ষের উপরের কোন বিন্দু হইতে উর্ধ্বঃ দিকে লম্ব টানিলে যে-বিন্দু পাওয়া যায়, তথায় এক অভিলম্ব (normal) অঙ্কিত কর।

43. 4"-ইঞ্চ দীর্ঘ পরাক্ষ ও $2\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ উপাক্ষ বিশিষ্ট এক উপবৃত্তের পরাক্ষের সমরেখায় ও তাহার বাম প্রান্ত হইতে $2\frac{1}{2}$" দূরে অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে উপবৃত্তের উপরে দুইটি স্পর্শকরেখা অঙ্কিত কর।

44. 5 সেন্টিমিটার ব্যাসের এক বৃত্তের ইন্‌ভোলিউট (involute) রেখা অঙ্কিত কর।

45. নিয়ামক (directrix) রেখা হইতে কোন অধিবৃত্তের নাভি 3"-ইঞ্চ, এবং উহার ভুজ (abscissa) 5"-ইঞ্চ হইলে, উপরি-উক্ত সম্পূর্ণ অধিবৃত্ত (parabola) অঙ্কিত কর।

ত্রয়োদশ পরিচ্ছেদ

46. বিন্দুর মত সূক্ষ্ম কোন বস্তু ভূমিরেখা হইতে 5 সেন্টিমিটার উপরে উর্ধ্বাধঃ-তলের সঙ্গে লাগিয়া আছে; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

47. কোন বিন্দু ক্ষিতিতলে ভূমিরেখা হইতে 5 সেন্টিমিটার দূরে পড়িয়া আছে; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

48. কোন বিন্দু ক্ষিতিতল হইতে 3 সেন্টিমিটার উর্ধ্বে ও উর্ধ্বাধঃ-তল হইতে 2 সেন্টিমিটার দূরে অবস্থিত আছে; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

49. 4·5 সেন্টিমিটার লম্বা এক সূক্ষ্ম সরলরৈখিক তার ভূমিরেখা হইতে 2 সেন্টিমিটার দূরে ও 3 সেন্টিমিটার উর্ধ্বে উর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্বভাবে অবস্থিত থাকিলে, তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য কি হইবে?

50. 7 সেন্টিমিটার দীর্ঘ একটি সূক্ষ্ম সরলরৈখিক তার ঘরের এক কোণে দাঁড় করাইয়া রাখা হইয়াছে; উহার নিম্নপ্রান্ত সম্মুখের ভূমিরেখা হইতে 3 সেন্টিমিটার ও বামপার্শ্বের ভূমিরেখা হইতে 2 সেন্টিমিটার দূরে রহিয়াছে; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর; এবং প্ল্যান, পুরোদৃশ্য ও পার্শ্বদৃশ্য হইতে ইহার প্রক্ষেপিত দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

51. কোন সরলরেখা ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে, এবং উর্ধ্বাধঃ-

তলের সমান্তরালে থাকা অবস্থায় তাহার প্রক্ষেপিত দৈর্ঘ্য 3 সেন্টিমিটার; উহার প্ল্যান এবং প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

52. এক সরলরেখা উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রি ও ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে অবস্থান করিতেছে; সরল-রেখার উপরের প্রান্ত ভূমি-রেখার 4 সেন্টিমিটার উপরে অবস্থিত। রেখার প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

53. ABC এক পাত্‌লা কাগজের ত্রিভুজ; উহার CAB-কোণ 30°-ডিগ্রি, ABC-কোণ 60°-ডিগ্রি, এবং AB-বাহুর দৈর্ঘ্য 3"-ইঞ্চ। ত্রিভুজের AB-বাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে ভূমিতলের সমান্তরালে, ও উহা হইতে $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ উর্ধ্বে অবস্থিত; উহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর, ও প্রক্ষেপিত দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। AC-রেখার প্রক্ষেপিত দৈর্ঘ্য কত হইবে?

54. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ বাহু বিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের এক কর্ণ উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরাল ও অপর কর্ণ ভূমিতলের সহিত 30°-ডিগ্রি আনতিতে আনত; বর্গক্ষেত্রের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

55. $1\frac{1}{2}$"-ইঞ্চ বাহু বিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের এক বাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-ডিগ্রি আনতিতে আনত, ও এক কর্ণ উর্ধ্বাধঃ এবং ক্ষিতিতল—উভয় তলের সমান্তরালে থাকিলে তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

56. 2 সেন্টিমিটার বাহু বিশিষ্ট সুষম পঞ্চভুজের একবাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 30°-ডিগ্রিতে আনত অবস্থায় ভূমিতলে রহিয়াছে; উহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। অনন্তর উহার তল (plane)-কে 45°-ডিগ্রি উন্নত কর ও তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

57. 2 সেন্টিমিটার বাহু বিশিষ্ট সুষম পঞ্চভুজ ভূমিতলে এমনভাবে আছে যে, তাহার একবাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্বভাবে অবস্থিত; উহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। অনন্তর উহার তল (plane)-কে 30°-ডিগ্রি উন্নত কর ও তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

58. $1\frac{1}{2}$ সেন্টিমিটার বাহু বিশিষ্ট এক সমষড়্‌ভুজকে অনুশীলনী 56-এর মত স্থাপন করিয়া তাহার পুরোদৃশ্য, এবং তৎপরে তাহার তলকে 45°-ডিগ্রি উন্নত করিয়া তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

59. 1½ সেন্টিমিটার বাহু বিশিষ্ট এক সমসপ্তভুজকে অনুশীলনী 57-এর মত স্থাপন করিয়া তাহার পুরোদৃশ্য, এবং তৎপরে তাহার তলকে 30°-ডিগ্রি উন্নত করিয়া তাহার প্ল্যান অঙ্কিত কর।

চতুর্দশ পরিচ্ছেদ

60. কোন 1"-ইঞ্চ বাহু বিশিষ্ট ঘনক ভূমিতলে এমনভাবে অবাস্থত যে, তাহার দুই শয়ান পার্শ্বতল (horizontal faces), ভূমিতল ও উর্ধ্বাধঃ-তল,—উভয়েরই সমান্তরাল এবং দুইটি পার্শ্ব (side faces) উভয় তলের অনুলম্ব ; ঘনকের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

61. 1"-ইঞ্চ ঘনকটি ভূমিতলে এমন ভাবে আছে যে তাহার দুই উর্ধ্বাধঃ-পার্শ্ব উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 50°-ডিগ্রি আনতিতে আনত, ও দুই শয়ান-তল ভূমিতলের সমান্তরাল ; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

62. 1"-ইঞ্চ ঘনকের একটি কৌণীয় রেখা (edge) ভূমিরেখার উপরে উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে রহিয়াছে ও তাহার এক পার্শ্বতল ভূমিরেখার সহিত 40°-ডিগ্রিতে আনত ; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

63. যদি অনুশীলনী 62-এর ঘনকের পার্শ্বতলকে ভূমিরেখার সহিত 45°-ডিগ্রিতে ঘুরাইয়া দেওয়া যায়, তবে তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

64. 1"-ইঞ্চ বাহুর ঘনককে উহার দুই উর্ধ্বাধঃ পার্শ্বতল উভয় তলের সমান্তরাল, এবং অপর দুই পার্শ্বতল উভয় তলের অনুলম্বভাবে ভূমিতলের উপরে বসান আছে ; উহাকে সম্মুখদিকে 30°-ডিগ্রি হেলান' হইল ; উহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর [প্রথমে পার্শ্বদৃশ্য রচনা করিয়া হেলান' অবস্থার চিত্র আঁক]।

পঞ্চদশ পরিচ্ছেদ

65. 3 সেন্টিমিটার ভুজ বিশিষ্ট এক সমবাহু ত্রিকোণ প্রিজম, এক কৌণীয় রেখা উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে ও এক প্রান্ত-তলকে (end-face) ভূমিতলের উপরে রাখিয়া দাঁড়াইয়া আছে। তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

66. উপরের প্রিজ্‌মকে দক্ষিণ দিকে 35°-ডিগ্রি আনত করিয়া তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

67. 1½"-ইঞ্চ বাহু ও 36°-ডিগ্রি সন্নিহিত কোণবিশিষ্ট এক সমদ্বিবাহু ত্রিকোণ প্রিজ্‌মের অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে ও তাহার নিম্নপ্রান্তীয় ত্রিভুজের ক্ষুদ্রতম বাহুটি ঊর্ধ্বাধঃ তলের সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত; প্রিজ্‌মের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। প্রিজ্‌মের উচ্চতা 2½" ইঞ্চ।

68. 1½"-ইঞ্চ বাহু ও 36°-ডিগ্রি সন্নিহিত কোণবিশিষ্ট, এবং 2½" উচ্চ সমদ্বিবাহু ত্রিকোণ প্রিজ্‌মটি ভূমিতলের উপরে এমন ভাবে আছে যে, তাহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত; ইহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। এইবার প্রিজ্‌মের আধারকে ভূমিরেখার সহিত 60-ডিগ্রি উন্নতিতে উন্নত কর ও তাহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

ষোড়শ পরিচ্ছেদ

69. 2 সেন্টিমিটার বাহু ও 5 সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের এক সুষম পঞ্চকোণ প্রিজ্‌মের অক্ষরেখা, ভূমিতল ও ঊর্ধ্বাধঃ-তল,—উভয়ের সমান্তরালে রহিয়াছে ও উহা ভূমিতলের উপরে পড়িয়া আছে; উহার অক্ষরেখাকে ঊর্ধ্বাধঃ-তলের দিকে 40°-ডিগ্রি আনত কর, ও তাহার পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

70. 2 সেন্টিমিটার বাহু ও 5 সেন্টিমিটার দীর্ঘ এক সুষম ষট্‌কোণ প্রিজ্‌মের অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে এবং তাহার আধারের এক বাহু ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 25°-ডিগ্রি আনতিতে আনত অবস্থায় আছে; ইহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। অতঃপর পুরোদৃশ্যে প্রিজ্‌মের অক্ষরেখাকে সম্মুখের দিকে 30°-ডিগ্রি আনত করিয়া তাহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

71. এক 1·5-ইঞ্চ দীর্ঘ বাহু বিশিষ্ট সমবাহু ত্রিকোণ পিরামিডের খাড়া উচ্চতা (বা "খাড়াই") অঙ্কনের সাহায্যে নিরূপণ কর।

72. কোন 1·5-ইঞ্চ দীর্ঘ বাহু বিশিষ্ট ত্রিকোণ পিরামিডের আধারের এক ভুজ ঊর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-ডিগ্রি আনতিতে, ও অক্ষরেখাকে ঊর্ধ্বাধঃ-তলের

সমান্তরালে রাখিয়া অবস্থিত ; উহার অক্ষঃরেখাকে ভূমিরেখার সহিত 35°-ডিগ্রিতে আনত করা হইল ; এই অবস্থার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

73. 2·5 সেন্টিমিটার বাহুর আধার ও 3·5 সেন্টিমিটার খাড়া উচ্চতা বিশিষ্ট কোন চতুষ্কোণ পিরামিড ভূমিতলের সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে দাঁড়াইয়া আছে ; উহার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর। অনন্তর উহাকে এমনভাবে শুয়াইয়া দাও যাহাতে তাহার আধার-তল উর্ধ্বাধঃ-তল ও ভূমিতল, —উভয়েরই অনুলম্বভাবে থাকে ; এই অবস্থার প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

74. 2 সেন্টিমিটার বাহু ও 4 সেন্টিমিটার খাড়া উচ্চতা বিশিষ্ট কোন সুষম পঞ্চকোণ পিরামিড, কোন এক কৌণীয়রেখা (edge)-কে ভূমিরেখার সন্নিহিত করিয়া তাহা হইতে $1\frac{1}{2}$ সেন্টিমিটার দূরে ভূমিতলের উপরে অক্ষরেখাকে উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে রাখিয়া অবস্থিত। এইবার যদি উহাকে এমনভাবে শুয়াইয়া দেওয়া যায় যে উহার শীর্ষবিন্দু ভূমিরেখা স্পর্শ করে, তবে তাহার পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

75. উপরের অনুশীলনীর পরিমাপ বিশিষ্ট ও অনুরূপ অবস্থায় স্থাপিত এক সুষম ষট্‌কোণ পিরামিডের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

76. উপরের পরিমাপের অনুরূপ অবস্থায় অবস্থিত এক সুষম অষ্টভুজ পিরামিডের প্ল্যান ও পুরোদৃশ্য অঙ্কিত কর।

77. $2\frac{1}{2}$ সেন্টিমিটার বাহুবিশিষ্ট এক ঘনক, তাহার এক পার্শ্বতল (one face) উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে ভূমিতলের সহিত এমন ভাবে আছে যে, তাহার আধারের এক বাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত। ঘনকের পুরোদৃশ্যের কোন কোণকে উর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব, ও ভূমিতলের সহিত 40° ডিগ্রিতে আনত এক তল দ্বারা ছেদিত করা হইলে উহার ছেদিত পার্শ্বদৃশ্য অঙ্কিত কর।

78. $2\frac{1}{2}$ সেন্টিমিটার বাহু ও 4 সেন্টিমিটার উচ্চতা বিশিষ্ট কোন সমচতুষ্কোণ প্রিজমকে ভূমিরেখার উপরে, উহার এক কৌণীয় রেখা (edge)-কে ঐ রেখার সহিত 60°-ডিগ্রি আনতিতে আনত করিয়া শুয়াইয়া রাখা হইয়াছে। প্রিজমের অক্ষরেখা উভয় তলের সমান্তরাল। এখন যদি ভূমিরেখার সহিত 45°-ডিগ্রিতে

আনত এক উর্ধ্বাধঃ-তলের দ্বারা প্রিজমকে ছেদ করা যায়, তবে তাহার ছেদিত পুরোদৃশ্য ও প্ল্যান অঙ্কিত কর।

79. 2 সেন্টিমিটার বাহু ও 4½ সেন্টিমিটার উচ্চতা বিশিষ্ট এক সমষড়্ভুজ প্রিজম ভূমিতলের উপর খাড়া ভাবে দাঁড়াইয়া আছে; উহার আধারের দুই বিপরীত বাহু উভয় তলের সমান্তরাল। এখন যদি প্রিজমকে কোন এক তলের দ্বারা এমনভাবে কর্তন করা যায় যাহা উর্ধ্বাধঃ-তলের অনুলম্ব কিন্তু ভূমিতলের সহিত 45°-ডিগ্রি কোণে আনত, এবং ঐ ছেদনতল প্রিজমের আধার হইতে অক্ষরেখাকে 2½ সেন্টিমিটার উর্ধ্বঃ দিয়া ছেদ করিয়া চলিয়া যায়, তবে ছেদিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কন কর।

80. উপরের সমষড়্ভুজ প্রিজম ভূমিতলের উপরে তাহার আধারের এক বাহু লগ্ন করিয়া উহার অক্ষরেখাকে ভূমিরেখার সহিত 40°-ডিগ্রি আনতিতে, ও উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে অবস্থিত আছে; যদি ভূমিরেখা হইতে 3 সেন্টিমিটার উর্ধ্বঃ দিয়া এক অনুভূমিক ছেদনতলের দ্বারা উহাকে ছেদ করা যায়, তবে প্রিজমের ছেদিত প্ল্যান ও ছেদিত অংশের প্রকৃত আকার অঙ্কন কর।

81. কোন 2 সেন্টিমিটার ভুজ বিশিষ্ট আধারের সমচতুষ্কোণ পিরামিডের খাড়া উচ্চতা 4 সেন্টিমিটার; উহা অনুভূমিক তলের এক সেন্টিমিটার উর্ধ্বে তাহার অক্ষকে উর্ধ্বাধঃ ভাবে ও উর্ধ্বাধঃ-তলের সমান্তরালে রাখিয়া এমন ভাবে অবস্থিত আছে যে, পিরামিডের আধারের এক বাহু উর্ধ্বাধঃ-তলের সহিত 40°-ডিগ্রি আনতিতে আনত। ভূমিরেখা হইতে 3 সেন্টিমিটার উর্ধ্বে অক্ষরেখার উপরের এক বিন্দু স্পর্শ করিয়া এমন এক ছেদনতল দ্বারা ঐ প্রিজম কর্তিত, যাহা ভূমিতলের সহিত 45°-ডিগ্রিতে আনত। প্রিজমের ছেদিত প্ল্যান ও ছেদনতলের প্রকৃত আকার অঙ্কন কর।

82. অনুশীলনী 80-র অনুরূপ অবস্থায় অবস্থিত ও অনুরূপভাবে ছেদিত 1½ সেন্টিমিটার আধারের বাহু ও 4 সেন্টিমিটার খাড়া উচ্চতা বিশিষ্ট সমষট্‌কোণী পিরামিডের ছেদিত প্ল্যান ও ছেদনতলের প্রকৃত আকার অঙ্কন কর।

83. যদি উপরের সমষট্‌কোণী পিরামিড উহার আধারের এক বাহু ভূমিরেখার সহিত 40°-ডিগ্রি কোণে অবস্থিত থাকে, এবং অবশিষ্ট সমস্ত বিবরণ

অনুশীলনী 81 ও 82-র মত হয়, তবে তাহার খণ্ডিত প্ল্যান ও ছেদনতলের প্রকৃত আকার অঙ্কন কর।

84. 3·5 সেন্টিমিটার বাহু বিশিষ্ট আধার ও 6 সেন্টিমিটার খাড়া উচ্চতা-বিশিষ্ট এক সমপঞ্চকোণী পিরামিড তাহার আধারের এক বাহুকে ভূমিরেখার সমান্তরালে রাখিয়া খাড়া দাঁড়াইয়া আছে। উহাকে এমন ভাবে ঘুরাইয়া দাও যাহাতে উহার অক্ষরেখা ঊর্ধ্বাধঃ-তল ও ভূমিতল, উভয়েরই সমান্তরাল হয়। এইবার উহার প্ল্যানকে শয়ান-রেখার সহিত 25°-ডিগ্রি আনতিতে আনত এক তলের দ্বারা ছেদ কর; তাহার ছেদিত পুরোদৃশ্য ও ছেদনতলের প্রকৃত আকার যাহা হয়, তাহা অঙ্কিত কর।

85. অনুশীলনী 84-এর অনুরূপ পরিমাপ ও বিবরণ সম্বলিত এক সুষম অষ্টভুজ পিরামিডের ছেদিত পুরোদৃশ্য ছেদনতলের প্রকৃত আকার অঙ্কিত কর।

সপ্তদশ পরিচ্ছেদ

[স্কেলগুলি I.S.I. অনুমোদিত প্রথায় আঁকিতে হইবে]

86. Representative Fraction (R.F.) কাহাকে বলে ?

87. স্কেল কয় প্রকার ? উহাদের নাম কর, ও পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

88. যদি কোন স্কেল এমন হয় যে উহার 4″-ইঞ্চ দৈর্ঘ্য 6 ফুট-এর সমান, তবে তাহার R.F. কত ? ঐ P.F. লইয়া 6 ইঞ্চ লম্বা, এবং তাহাতে ফুট ও ইঞ্চ দেখাইয়া, এক স্কেল গঠন কর। তাহার দ্বারা কত দূরত্ব পর্যন্ত মাপা চলিতে পারে ?

89. R. F. = $\frac{1}{48}$ লইয়া এক স্কেল গঠন কর যাহাতে গজ ও ফুট দেখান' থাকে। ঐ স্কেলের উপরে 3 গজ 5 ফুট 7 ইঞ্চ দূরত্ব নির্দেশ কর।

90. R. F. = $\frac{1}{60}$-এর 6-ইঞ্চ লম্বা স্কেলে ঊর্ধ্বতম কত গজ কত ফুট পর্যন্ত দেখান' যাইতে পারে ? ইহার উপরে 15 গজ 1 ফুট দূরত্ব নির্দেশ কর।

91. 1″ = 40 ফুট-এর এক স্কেল রচনা করিয়া তাহাতে 250 ফুট নির্দেশ কর; ঐ স্কেল কত ইঞ্চ দীর্ঘ হইবে ?

92. কোন মানচিত্রে 50 কিলোমিটার দূরত্ব = $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চ থাকিলে স্কেলের R.F. কত? ইহার আপেক্ষিক স্কেল,—কিলোমিটার এবং মাইল,—দুইই অঙ্কিত কর।

93. ডায়াগোন্যাল স্কেল-গঠনের মূল কথা কি?

94. গজ, ফুট ও ইঞ্চ দেখাইতে, $\frac{1}{48}$ R.F.-এর এক স্কেল রচনা কর।

95. উপরের স্কেলে 2 গজ 2 ফুট 2 ইঞ্চ নির্দেশ কর।

96. ইঞ্চ, তাহার দশমাংশ ও শতাংশ দেখাইবার এক পূর্ণাকৃতি ডায়াগোন্ঠ স্কেল রচনা কর। ঐ স্কেলে 4·57 ইঞ্চ নির্দেশ কর।

97. 'জ্যা-ম্যানক' বা কর্ড-স্কেলের সাহায্যে কেমন ভাবে যে-কোন কোণ অঙ্কন করিতে পারা যায়?

98. কর্ড-স্কেলের সাহায্যে 36°, 59°, ও 76°-ডিগ্রি কোণ রচনা কর।

99. প্রোট্র্যাক্টারের সাহায্যে 63°-ডিগ্রির এক কোণ অঙ্কিত করিয়া কর্ড-স্কেলের সাহায্যে তাহার নির্ভুলতা পরীক্ষা কর।

100. 1" = 40 ফুট স্কেলের মানচিত্র রচনা করিতে এঞ্জিনিয়ারদের কোন্ স্কেল কিভাবে ব্যবহার করিবে?

বর্ণানুক্রমিক সূচী

ফ

ব